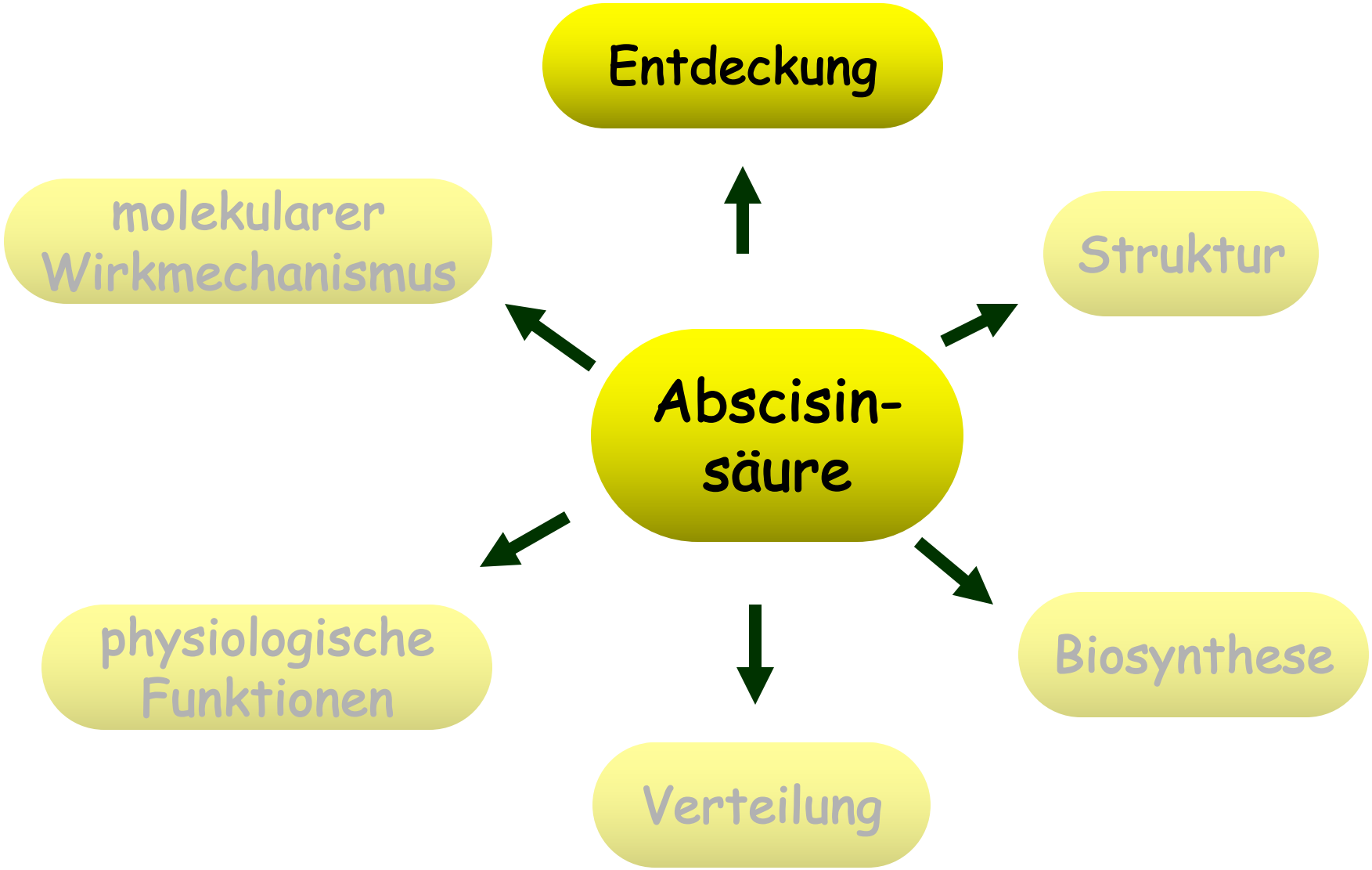
Für die Vollständigkeit und Richtigkeit der einzelnen Inhalte der Vorlesung 61-020 „Einführung in die Pflanzenphysiologie“ kann keine Gewähr übernommen werden.

Es ist nicht gestattet, diese Vorlesung oder Teile dieser Vorlesung ohne ausdrückliche Genehmigung der Dozentinnen und Dozenten für die Wiedergabe im Druck, Vorträge oder eine andere Art der Veröffentlichung, auch nicht im Internet, zu verwenden. Für Teile der Abbildungen liegen die Rechte bei Buchverlagen, wissenschaftlichen Zeitschriften oder bei den Dozentinnen und Dozenten dieser Veranstaltung.

Hamburg, 09.01. 2023 Prof. Stefan Hoth

Geplanter Ablauf der Vorlesung

17. Oktober 2022	Wasserhaushalt
24. Oktober 2022	Mineralstoffernährung
7. November 2022	Mineralstoffernährung/ Bodenkunde
14. November 2022	Photosynthese
21. November 2022	Photosynthese
28. November 2022	Photosynthese
5. Dezember 2022	Photosynthese
12. Dezember 2022	Photosynthese
19. Dezember 2022	Pflanzenhormone
9. Januar 2023	Pflanzenhormone
16. Januar 2023	Pflanzenhormone
23. Januar 2023	Photosynthese/ Licht als Entwicklungsstimulus
30. Januar 2023	Licht als Entwicklungsstimulus


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Entdeckung

Suche nach Hemmstoffen, die Samen- und Knospenruhe bewirken

1953 Bennet-Clark & Kefford
Identifikation von Hemmstoffen (kein Auxin-Charakter)

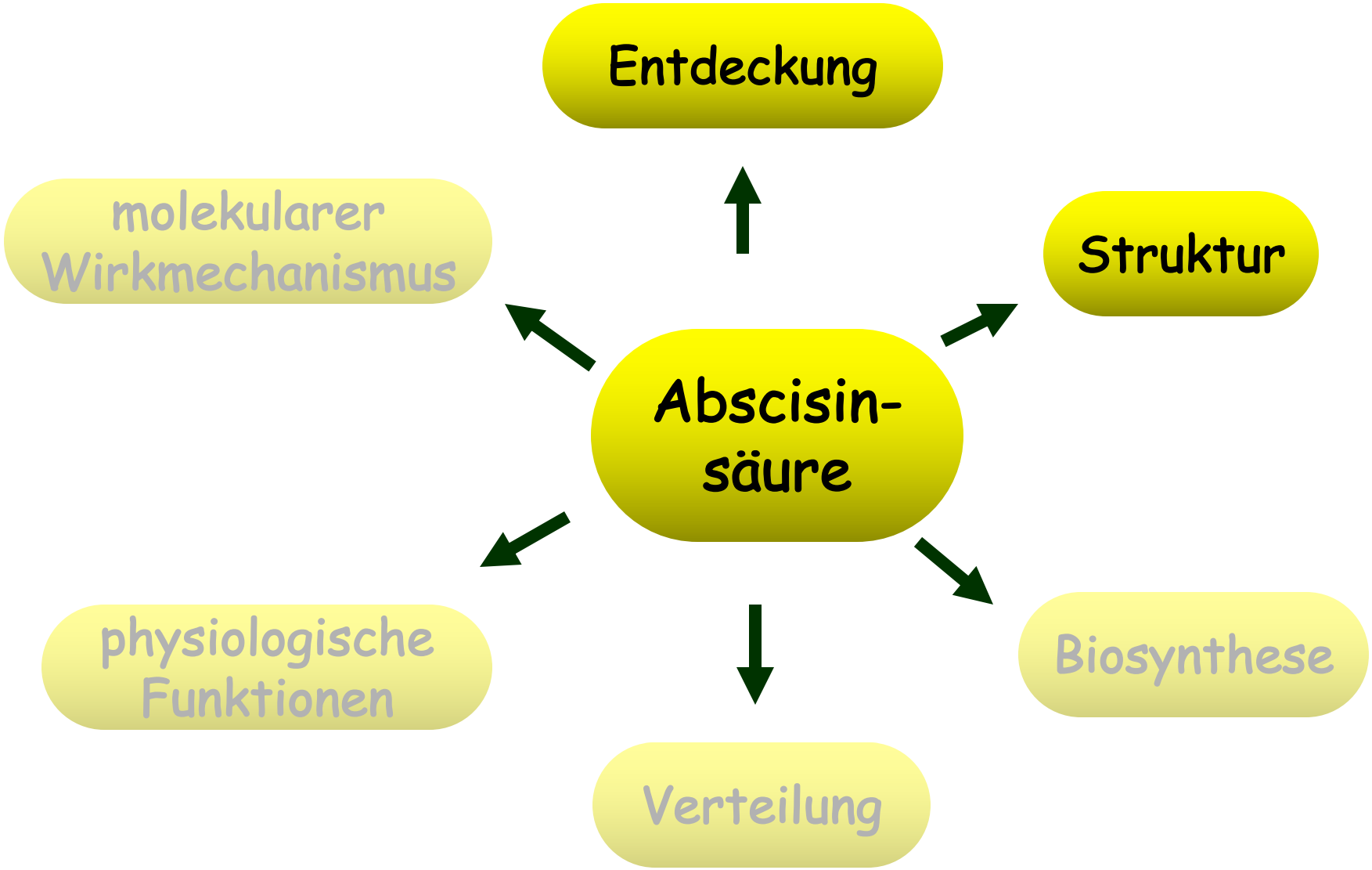
1963 Ohkuma et al.
Substanz, die Abscission von Baumwollfrüchten fördert: **Abscisin II**

1963 Waring, Corning, Milborrow
Substanz, die Knospen im Ruhestadium hält: **Dormin**

1965 Addicott et al.
Struktur von Abscisin = Dormin ⇒ **Abscisinsäure** (abscisic acid; ABA)

Name irreführend, Dormin wäre besser gewesen

ABA ist kein genereller Abscission-induzierender Faktor !

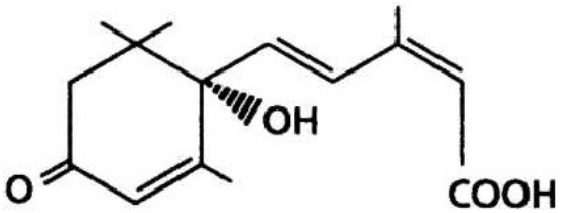

Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Die chemische Natur von ABA

ABA ist ein ubiquitäres Phytohormon in Gefäßpflanzen

ABA nachgewiesen in

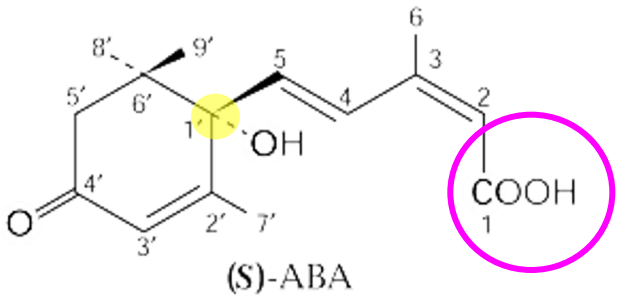
- Höheren Pflanzen
- Laubmoosen
- Pilzen
- Säugern/ Mensch



Abscisinsäure (ABA)

Die chemische Natur von ABA

nur (S)-*cis*-ABA kommt in der Natur vor



(S)-ABA

(R)-ABA

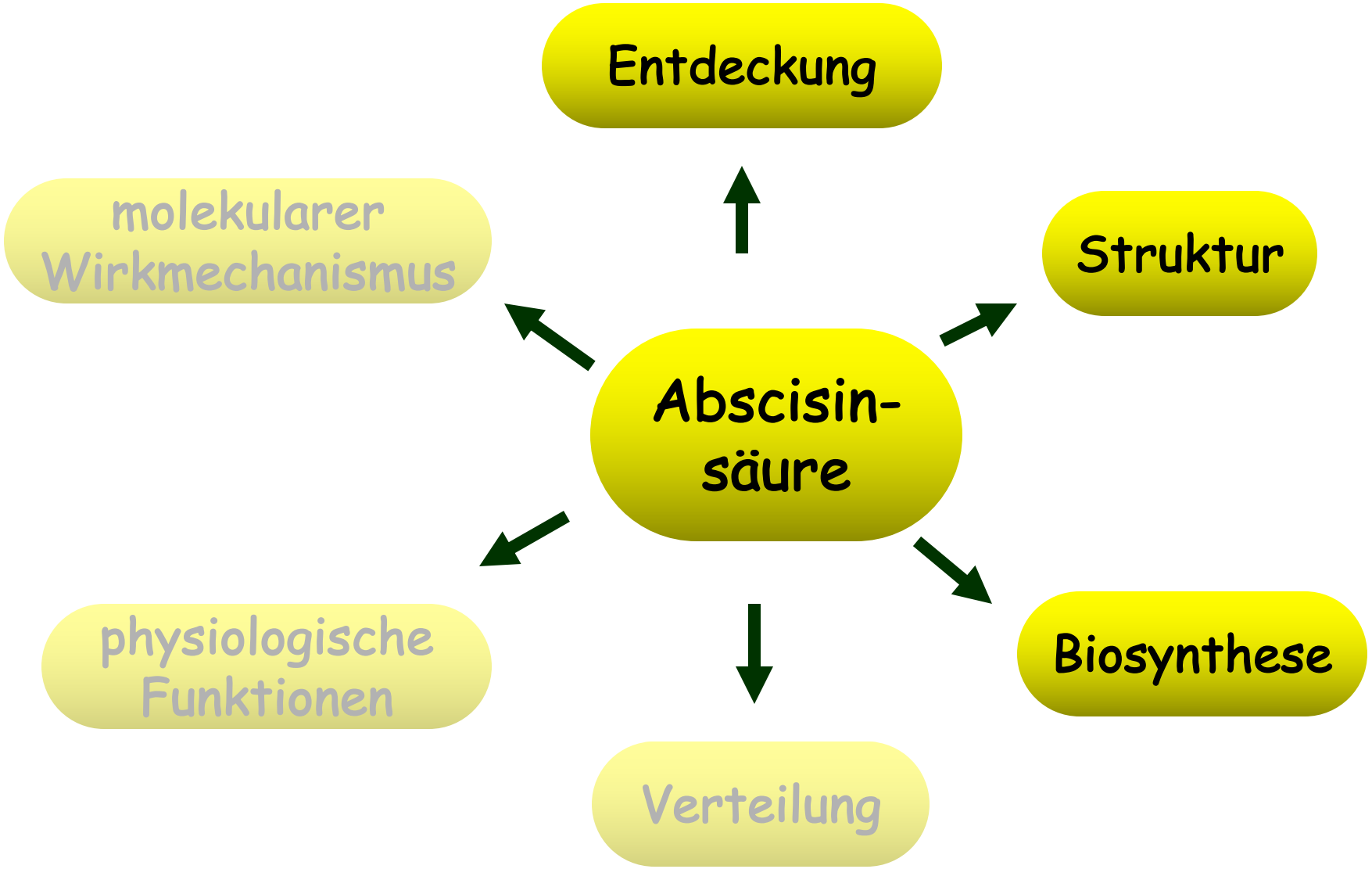
(S)-2-*trans*-ABA

(R)-2-*trans*-ABA

ABA gleicht dem Ende von Carotinoid-Molekülen:

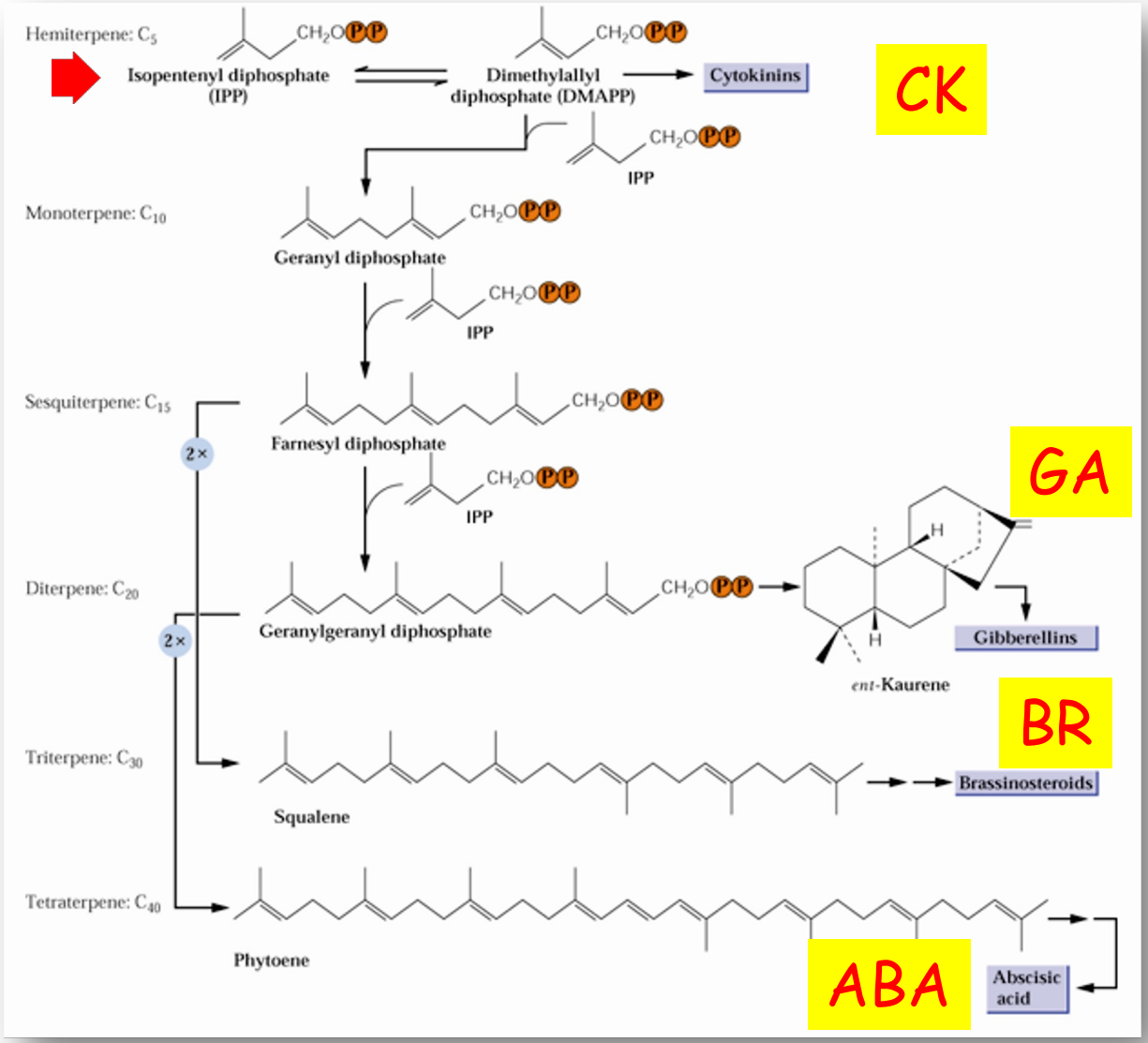
Carboxylgruppe am C2: **cis** oder **trans**

chirale Formen am C1 des Rings: **S** oder **R**

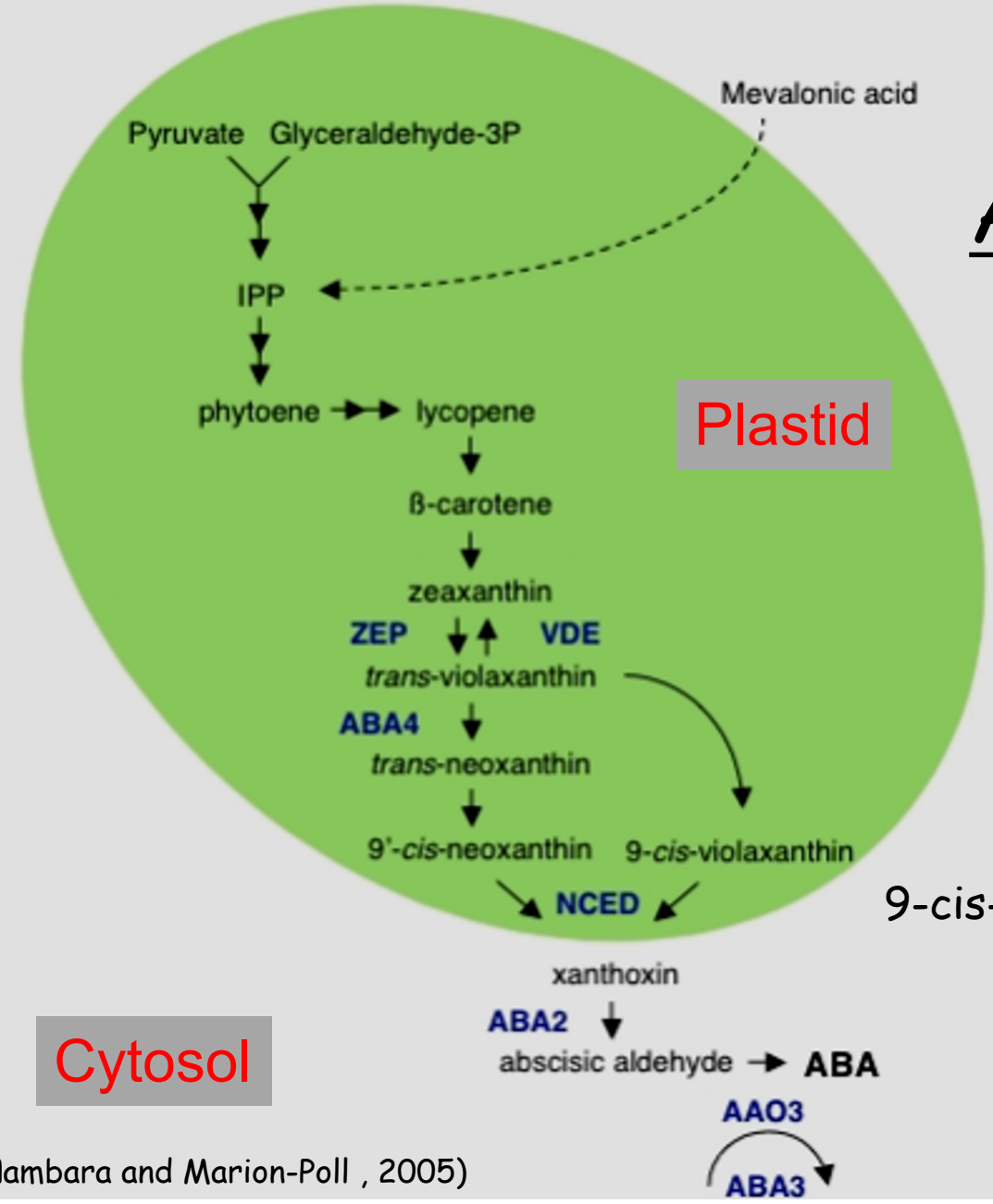

Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Die Biosynthese von ABA

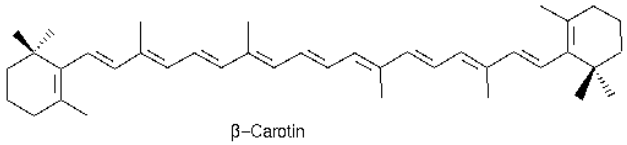
Gemeinsamkeiten mit Biosynthesen anderer Phytohormone



ABA-Biosynthese



(Nambara and Marion-Poll , 2005)

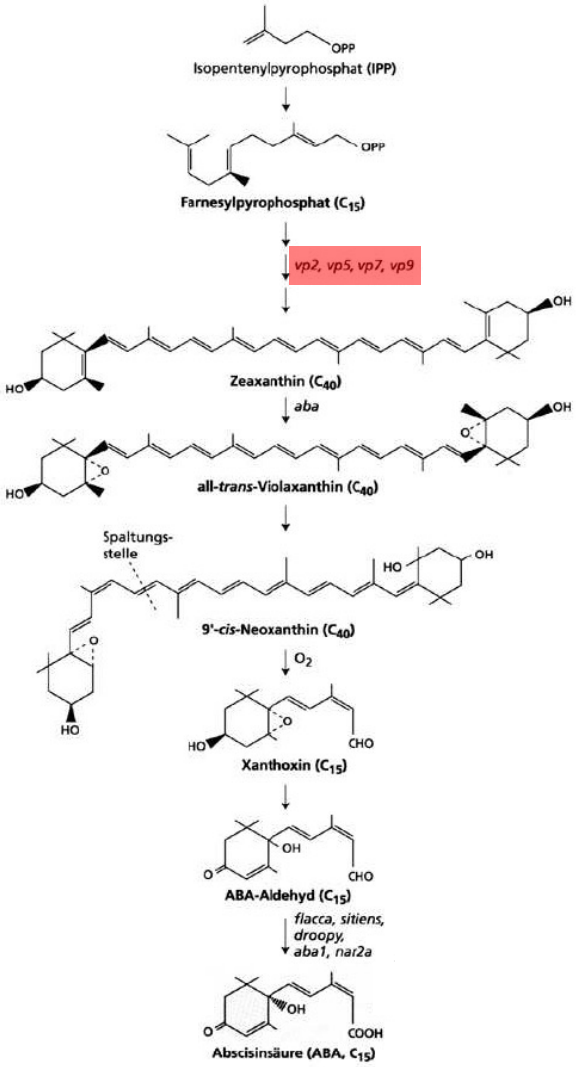


9-cis-epoxycarotenoid Dioxygenase

AB-aldehydoxidase

Die Biosynthese von ABA

Zwischenschritte wurden über ABA-Mutanten aufgeklärt



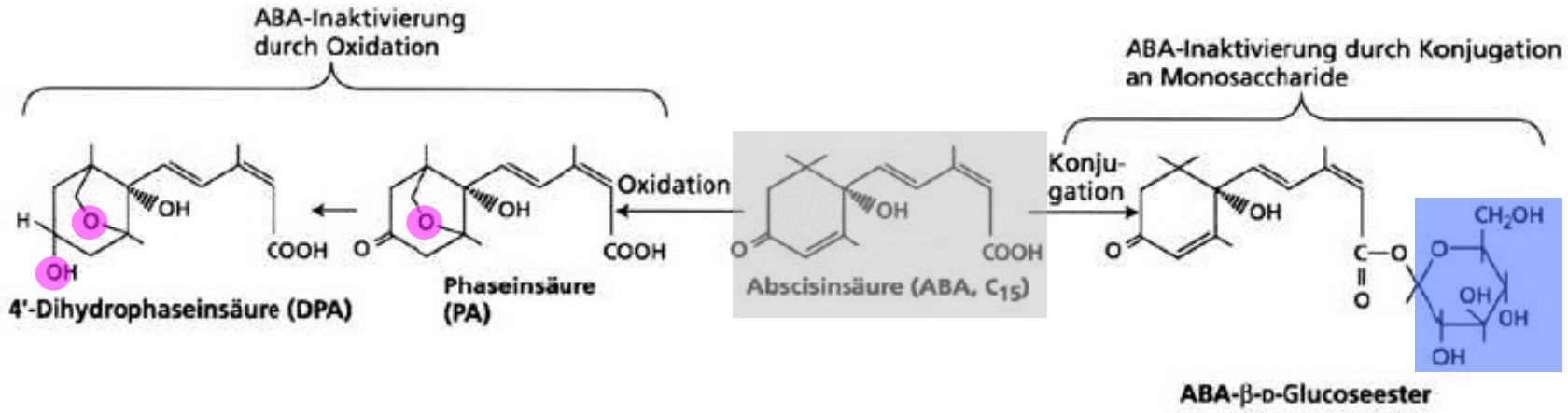
Mais-Mutante *vp2*
Viviparie
(Samen keimen in der Frucht)

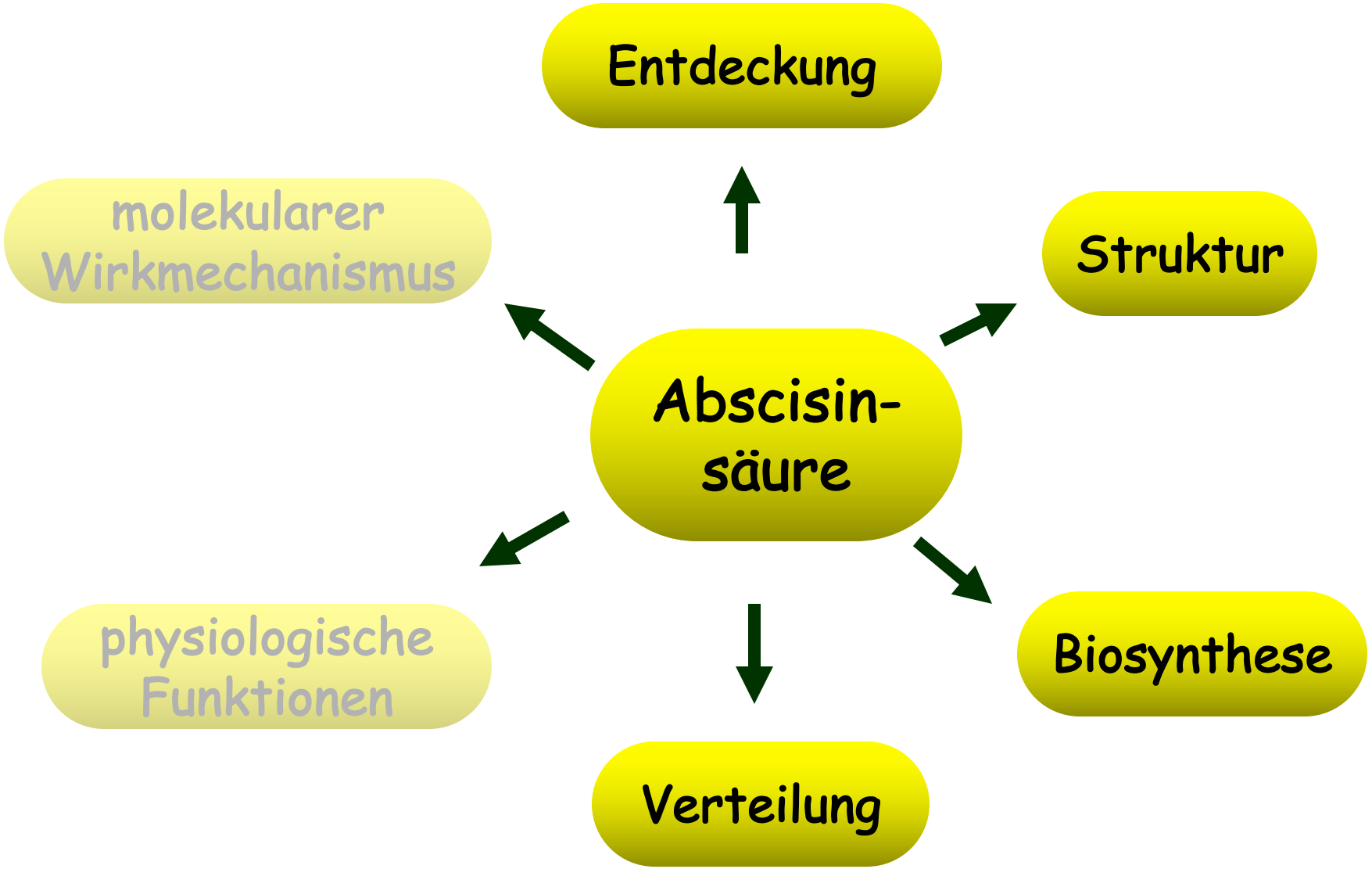
Der Katabolismus von ABA

Inaktivierung von ABA

durch Oxidation

durch Konjugation an Glucose

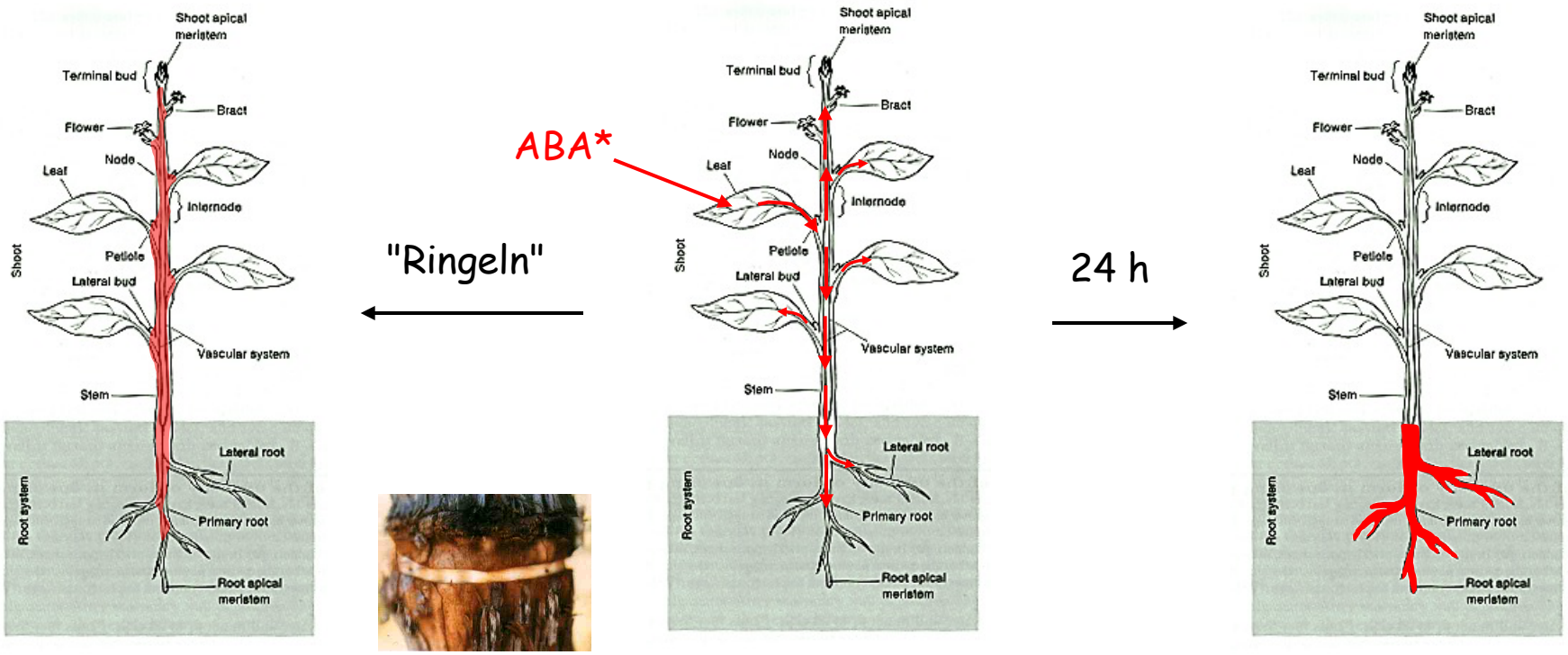



Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Verteilung von ABA

ABA wird über Phloem und Xylem in der Pflanze verteilt

ABA gewöhnlich in viel größeren Mengen im Phloem



Saftstrom im Phloem unterbrochen
Wasserversorgung im Xylem bleibt

⇨ ABA wird über das Phloem in die Wurzel transportiert

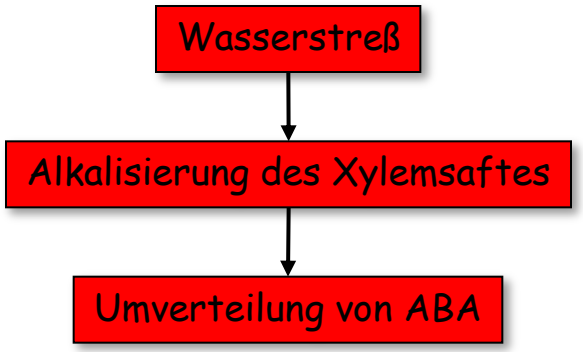
Verteilung von ABA

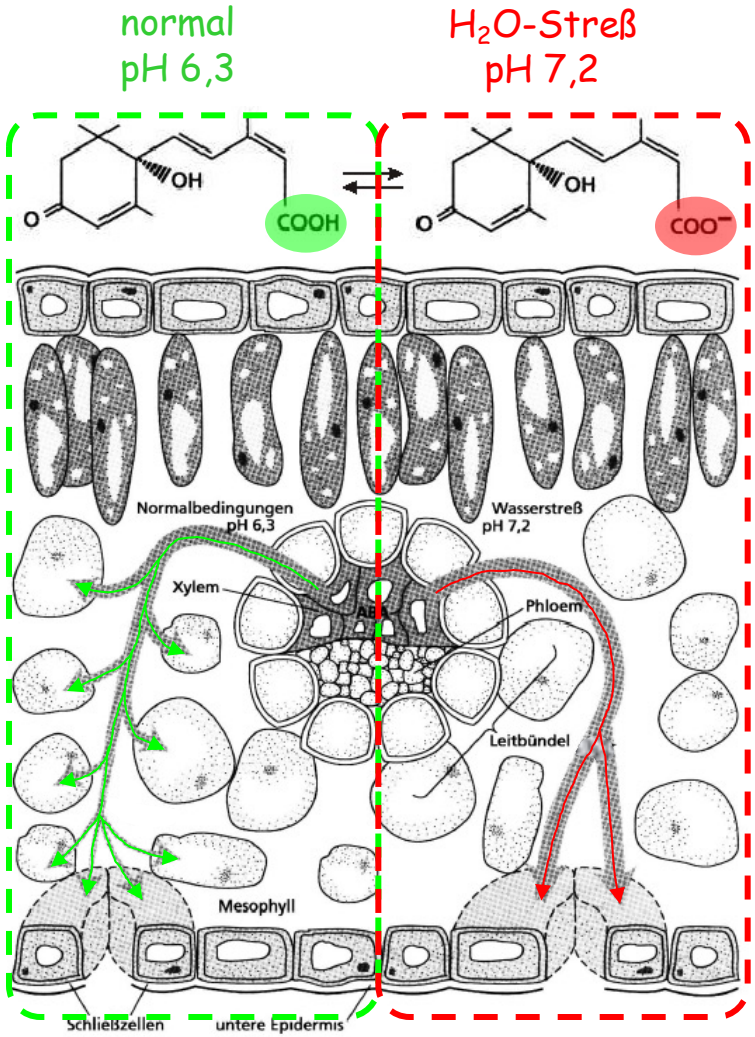
ABA wird über Phloem und Xylem in der Pflanze verteilt

In der Wurzel synthetisierte ABA
kann über das Xylem in der Sproß gelangen
und Spaltöffnungen steuern!

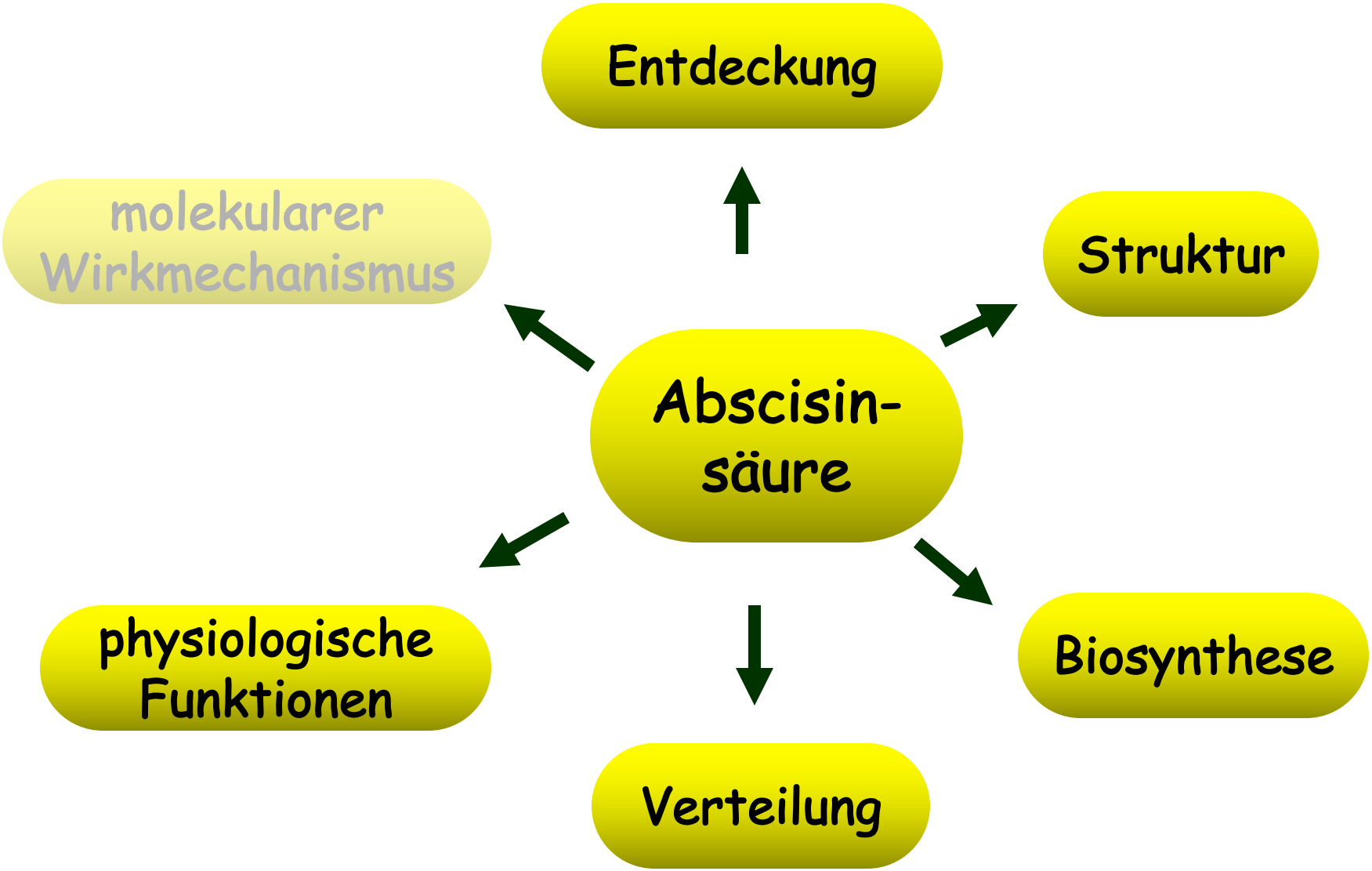
normale [ABA] im Xylem: **1-15 nM**

[ABA] bei Wasserstreß: **3000 nM** (200-1000x)





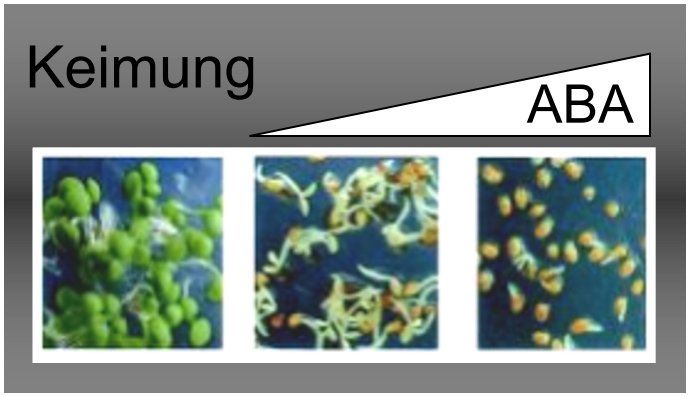
⇨ ABA wird über das Xylem in den Sproß transportiert

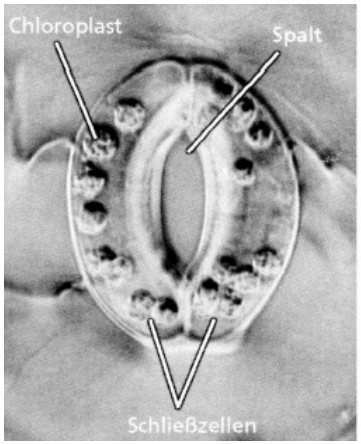

Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

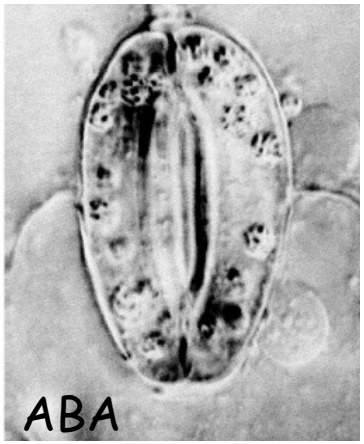
Physiologische Effekte von ABA

ABA ist nicht nur Stresshormon!

- Einleitung und Aufrechterhaltung der Dormanz (Same/Knospe)
- Antwort auf Streßfaktoren (Wasserstress)
- Auslösen von Blattseneszenz
- Effekte als Antagonist zu Gibberellin, Auxin und Cytokinin

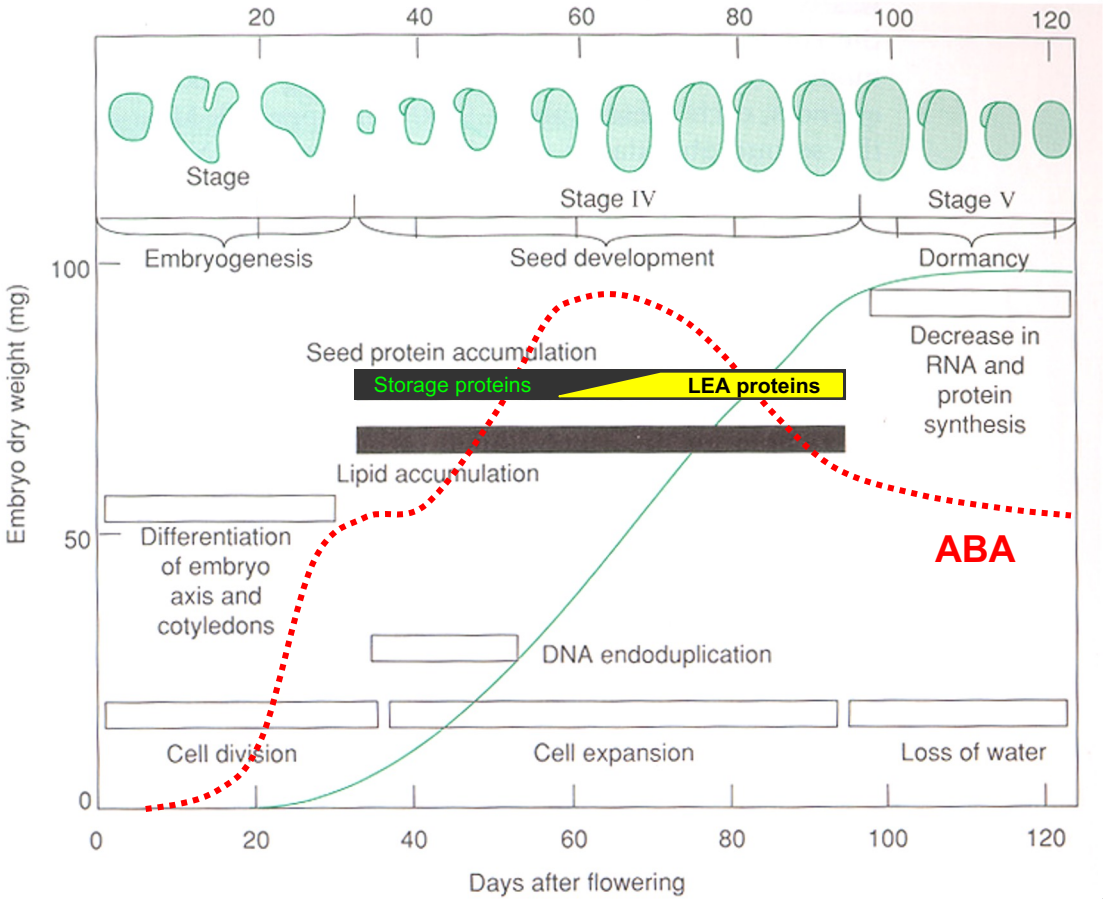






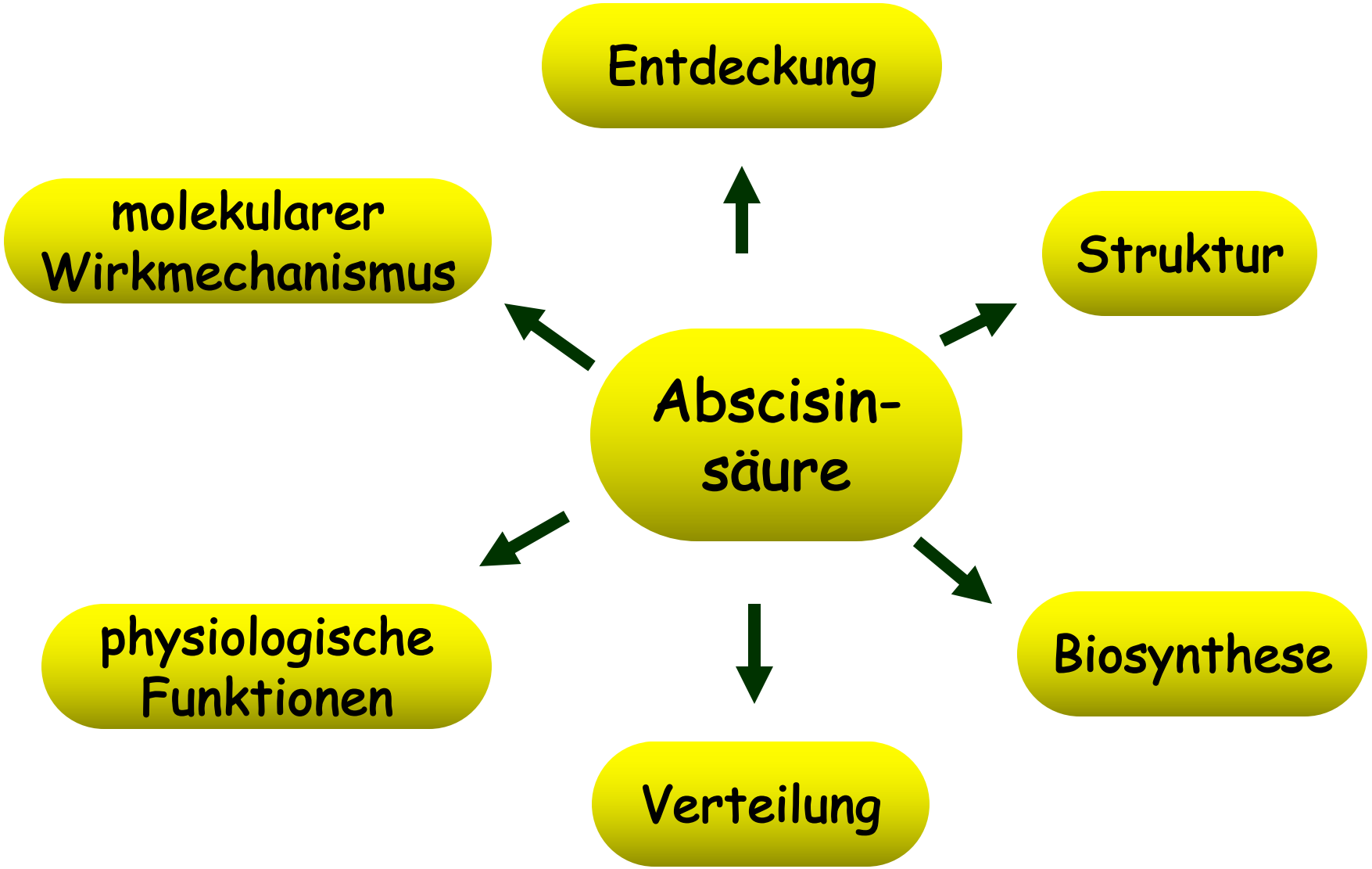
Physiologische Effekte von ABA

Samenentwicklung

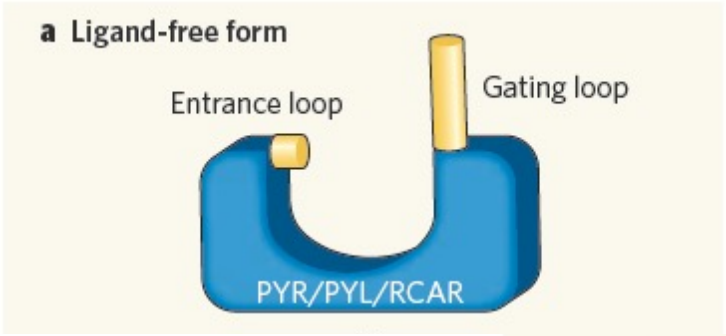


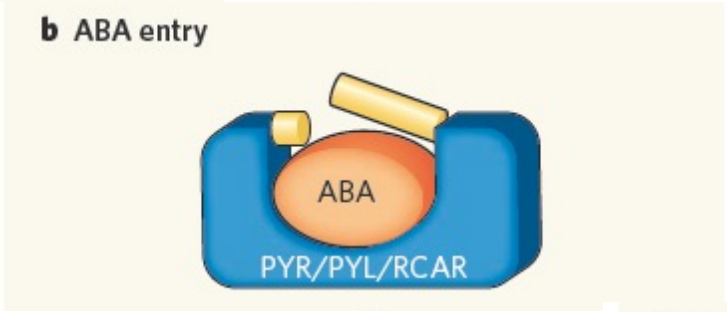
hohe ABA-Konzentration während der Samenentwicklung

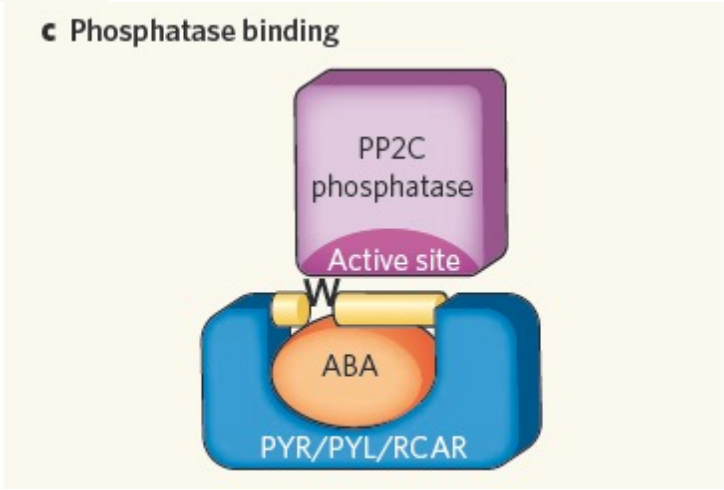
ABA induziert Speicher- und LEA-Proteine ('late embryogenesis abundant')


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Abscisin-säure
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Der molekulare Mechanismus

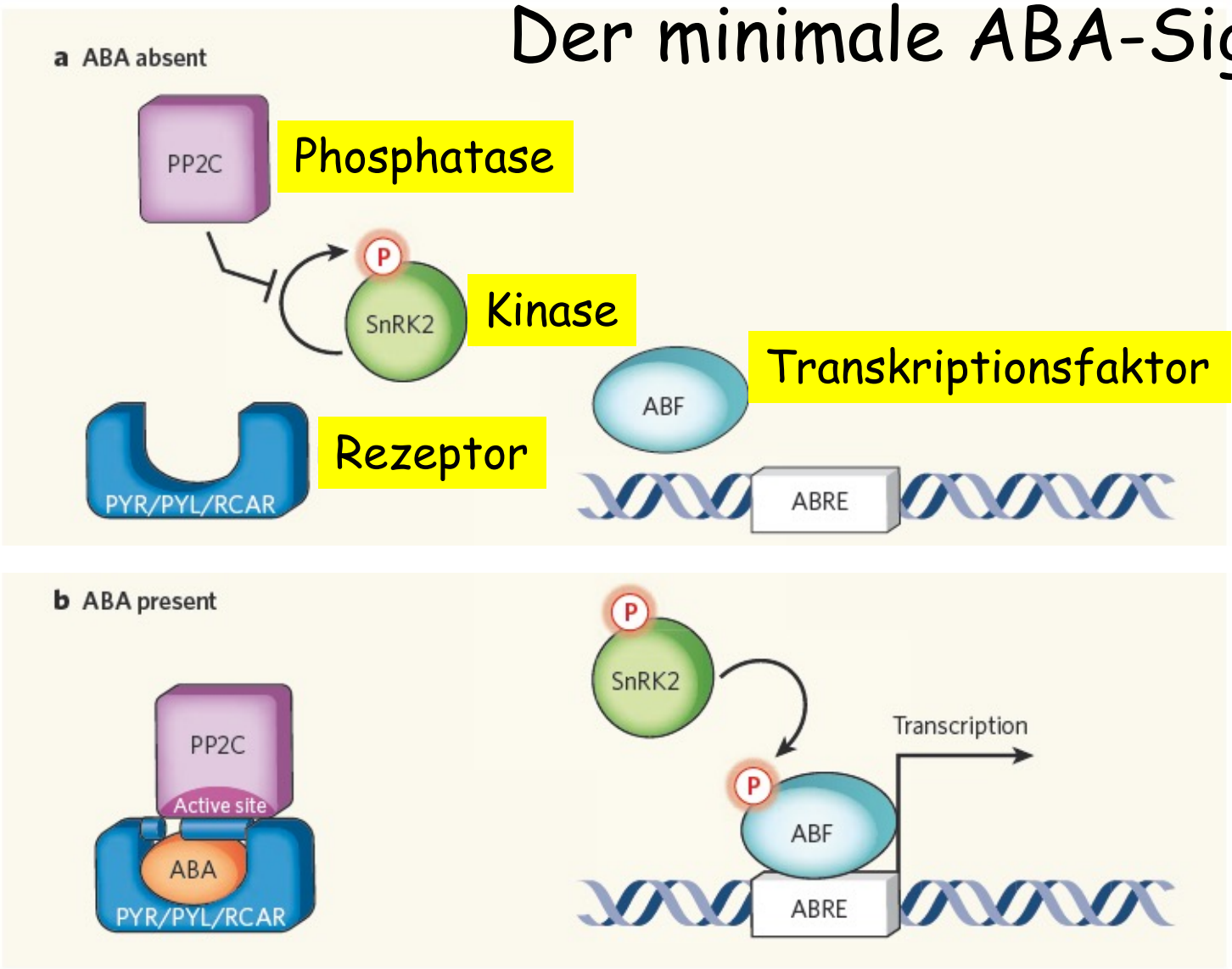






(Sheard and Zheng, 2009)

Der minimale ABA-Signalweg



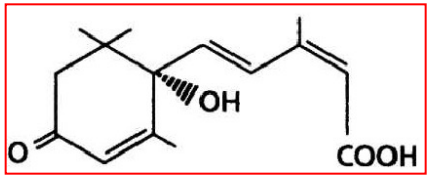
(Sheard and Zheng, 2009)

Zusammenfassung:

Abscisinsäure

Entdeckung
"Abscisin"
Dormin

Struktur
ABA (C_{15})

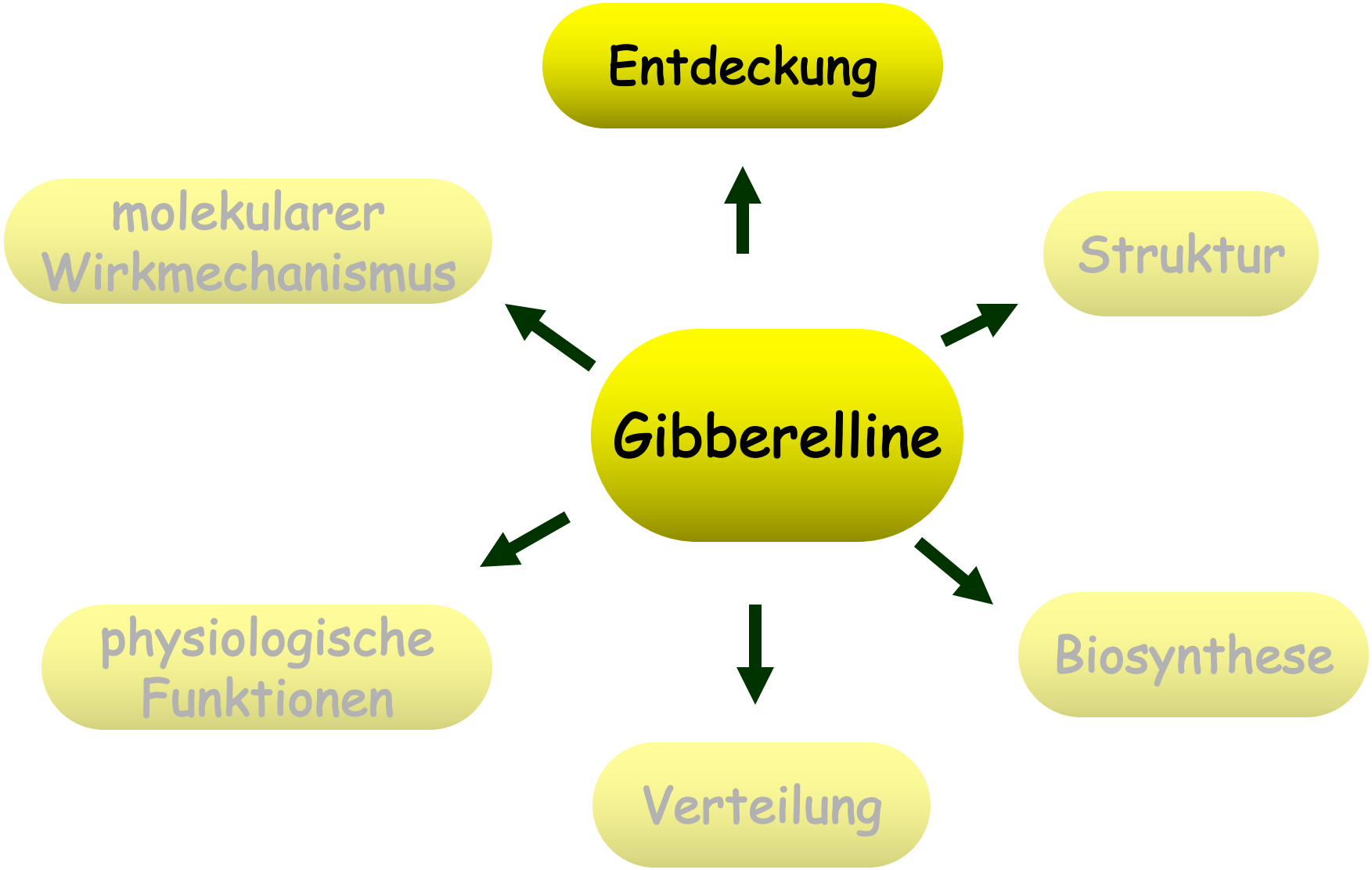


molekularer Wirkmechanismus
Rezeptoren (PYR1/RCAR1)
versch. Signalketten (Ca^{2+}, pH, ABI1)
Genaktivierung (ABRE)

Biosynthese
Abspaltung von Carotinoid (C_{40})
NCED und AAO3

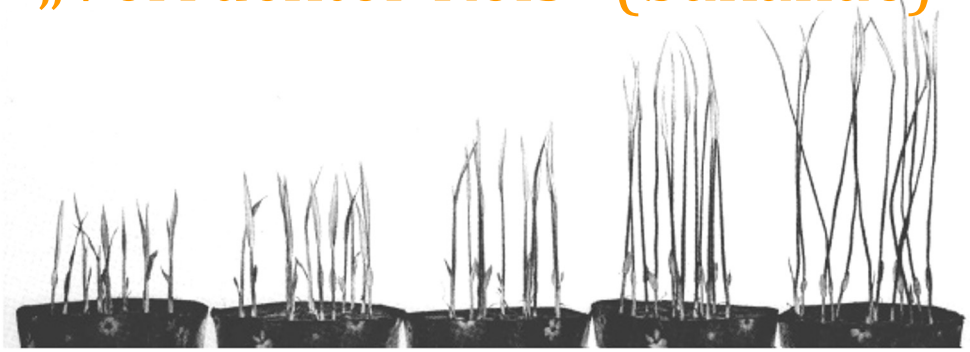
physiologische Funktionen
Samen-/Knospenruhe
(Wasser)Streßhormon
(Schließzellen, Wurzel:Spross)
GA-Antagonist

Verteilung
Xylem und Phloem


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Gibberelline
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Entdeckung der Gibberelline (GAs)

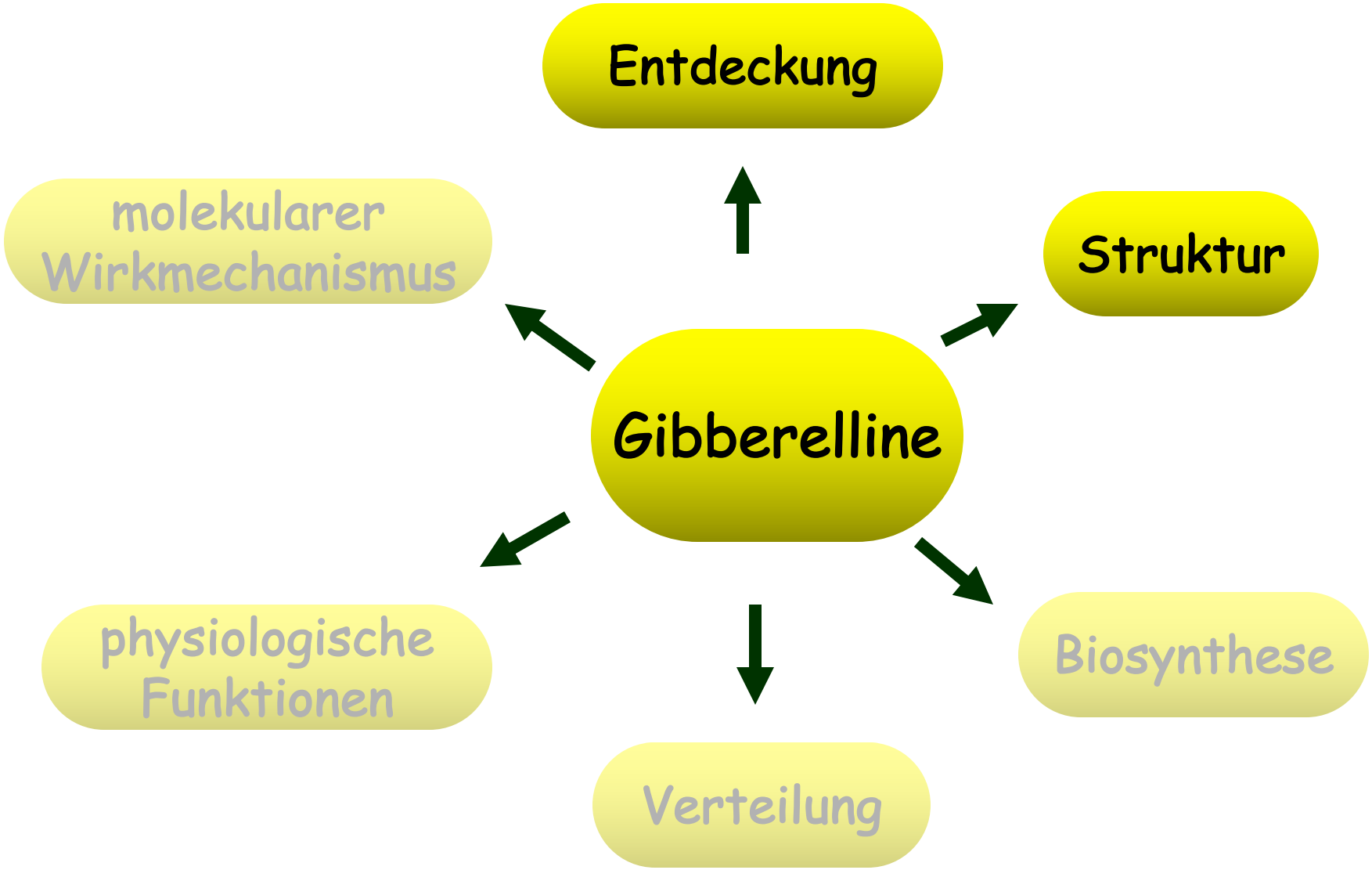
„Verrückter Reis" (bakanae)



(Taiz & Zeiger, Plant Physiology)

- Krankheit verursacht ...
  - ... hohen Wuchs ("verrückter Reis")
  - ... kein Fruchtansatz
  - ... durch den Pilz ***Gibberela fujikuroi***

- 1930: in Japan aus Pilzkulturen Wirkstoffe isoliert ⇒ **Gibberellin (GA)**
- 1958: GA-Isolierung erstmalig aus Pflanzen
- heute >100 GAs bekannt; nach der Reihenfolge ihrer Entdeckung numeriert (GA_1, GA_2 ...)


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Gibberelline
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Die chemische Natur von Gibberellinen

C_{20}-GAs *(inaktiv)*

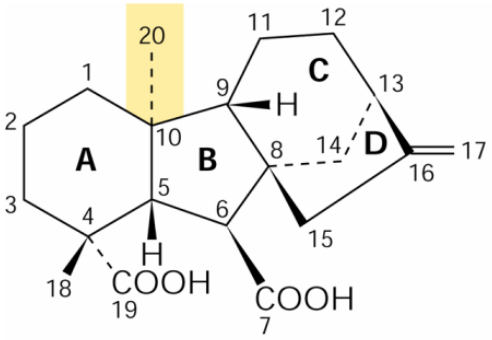
oder

C_{19}-GAs: Lacton C_{19}-C_{10}

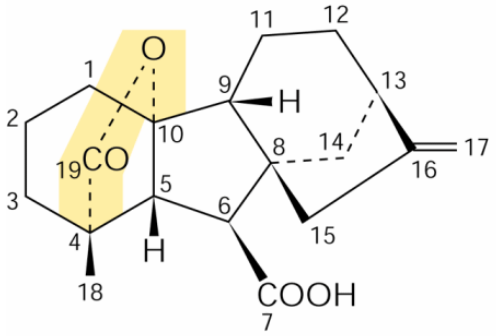
Unterschiede:

Oxidationsstufe am C_{20}

OH-Gruppen im Molekül



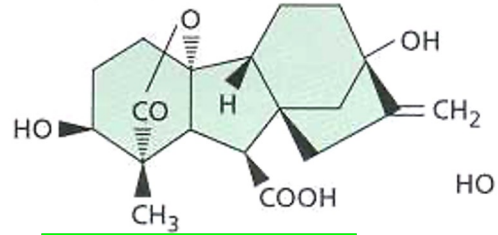
C_{20}-gibberellin



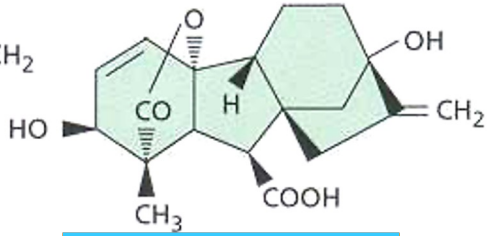
C_{19}-gibberellin

Aktive Gibberelline

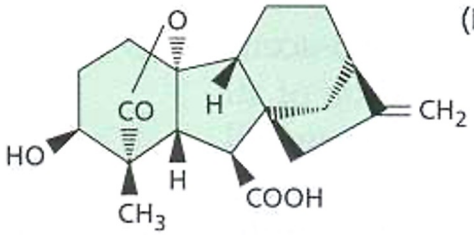
GA_1 ist das häufigste aktive GA in Pflanzen



(E) **Gibberellin A_1 (GA_1)**



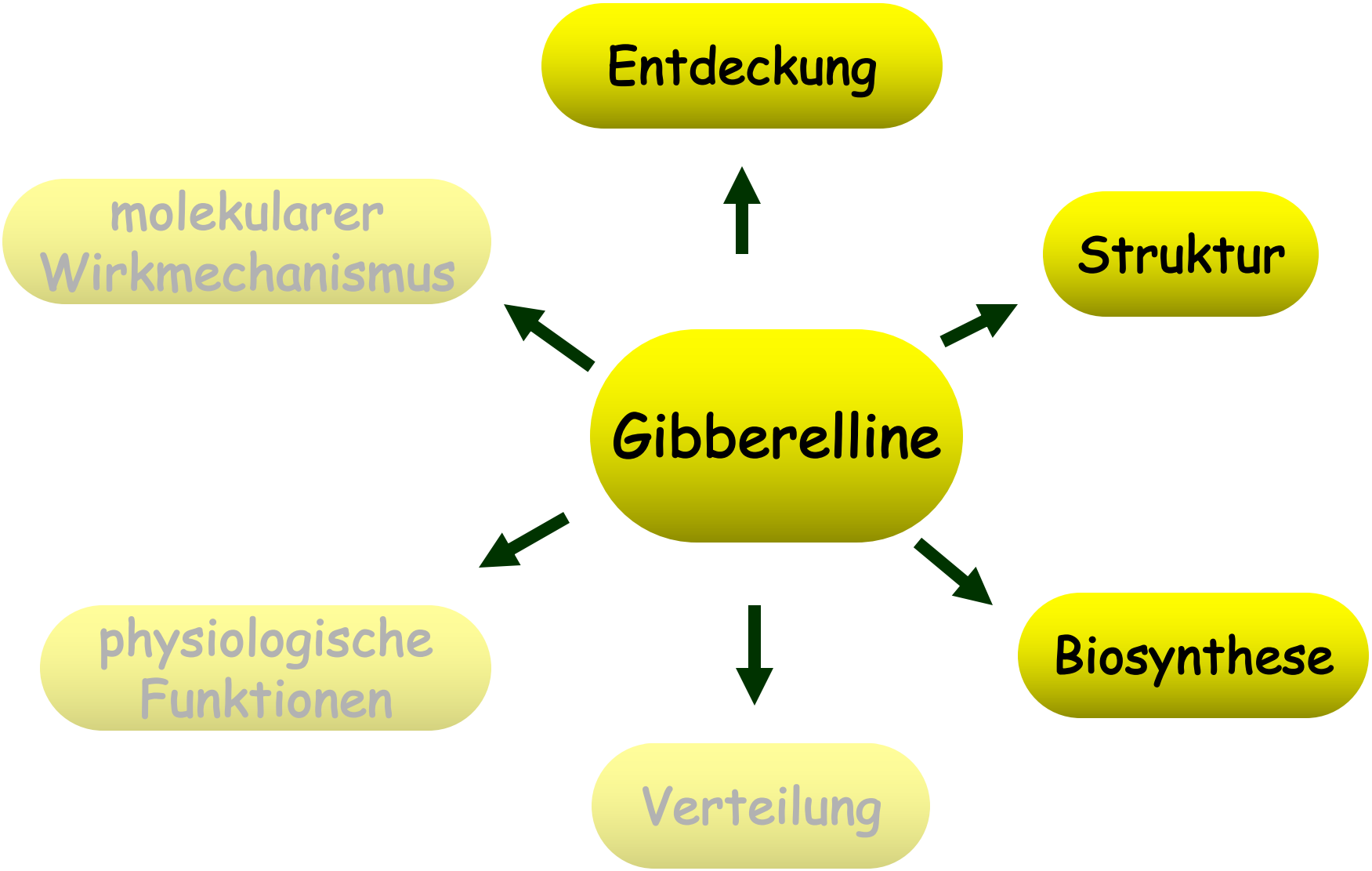
(F) **Gibberellic acid (GA_3)**



(G) **Gibberellin A_4 (GA_4)**

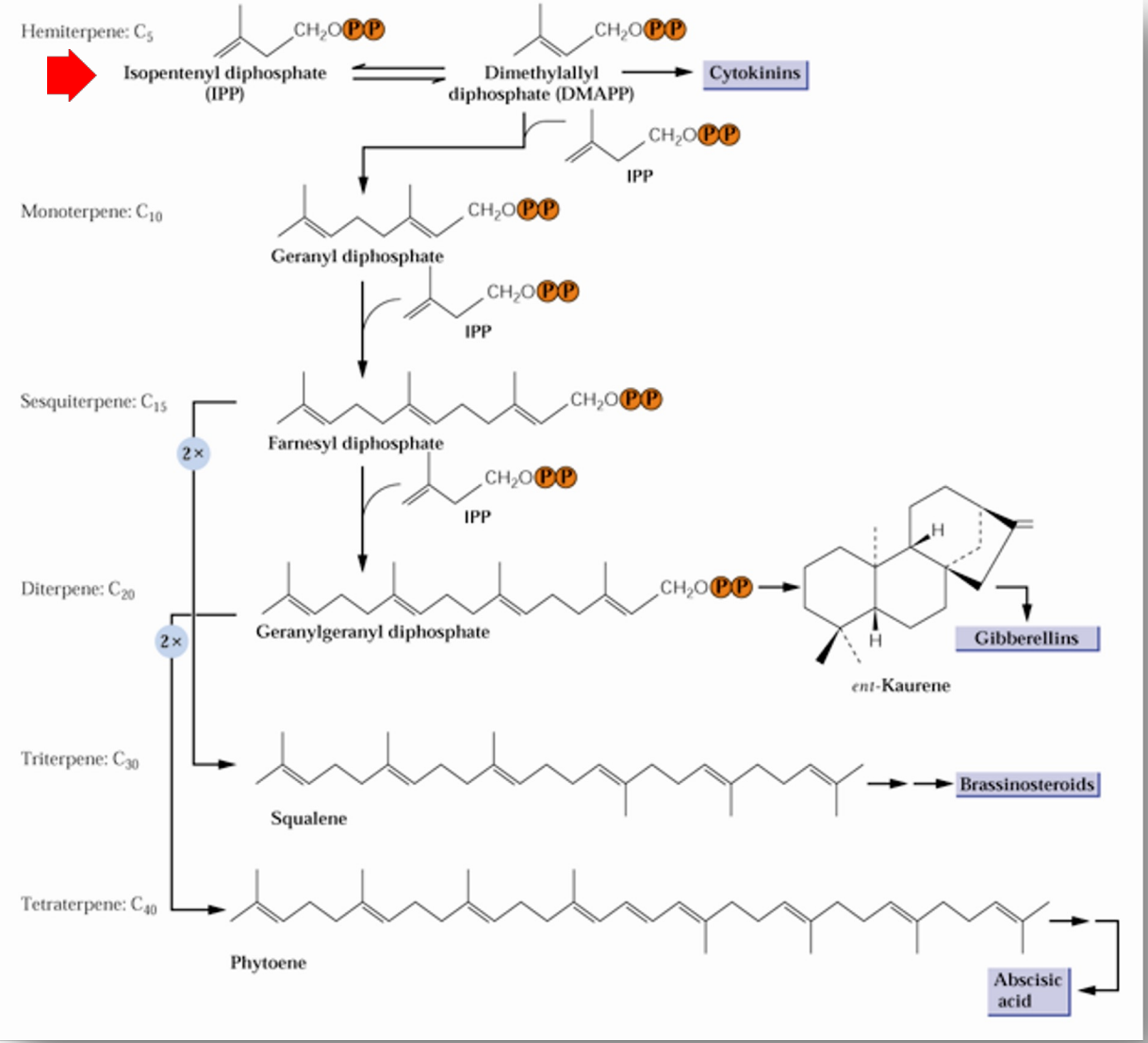
GA_3 ist das aktivste GA in *Gibberella fujikuroi*

(Buchanan, Gruissem, Jones
Biochemistry and Molecular Biology of Plants)


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Gibberelline
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

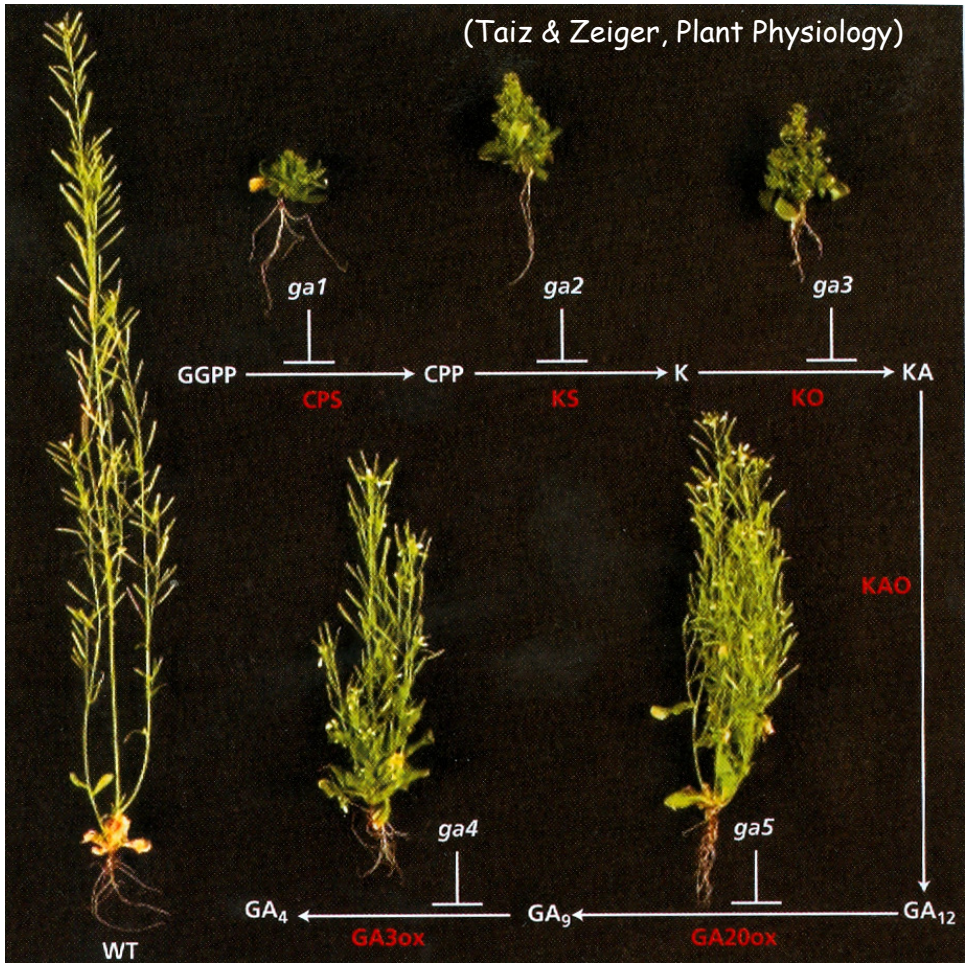
Die Biosynthese von Gibberellinen

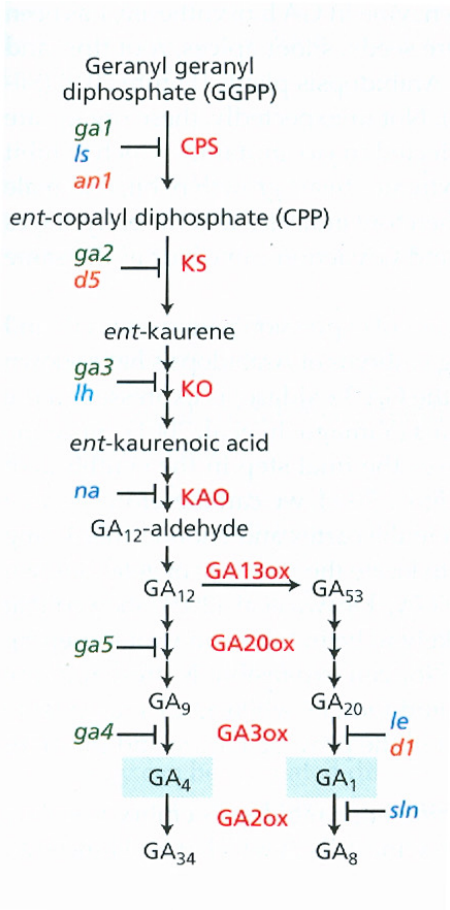
Gemeinsamkeiten mit Biosynthesen anderer Phytohormone



Die Biosynthese von Gibberellinen

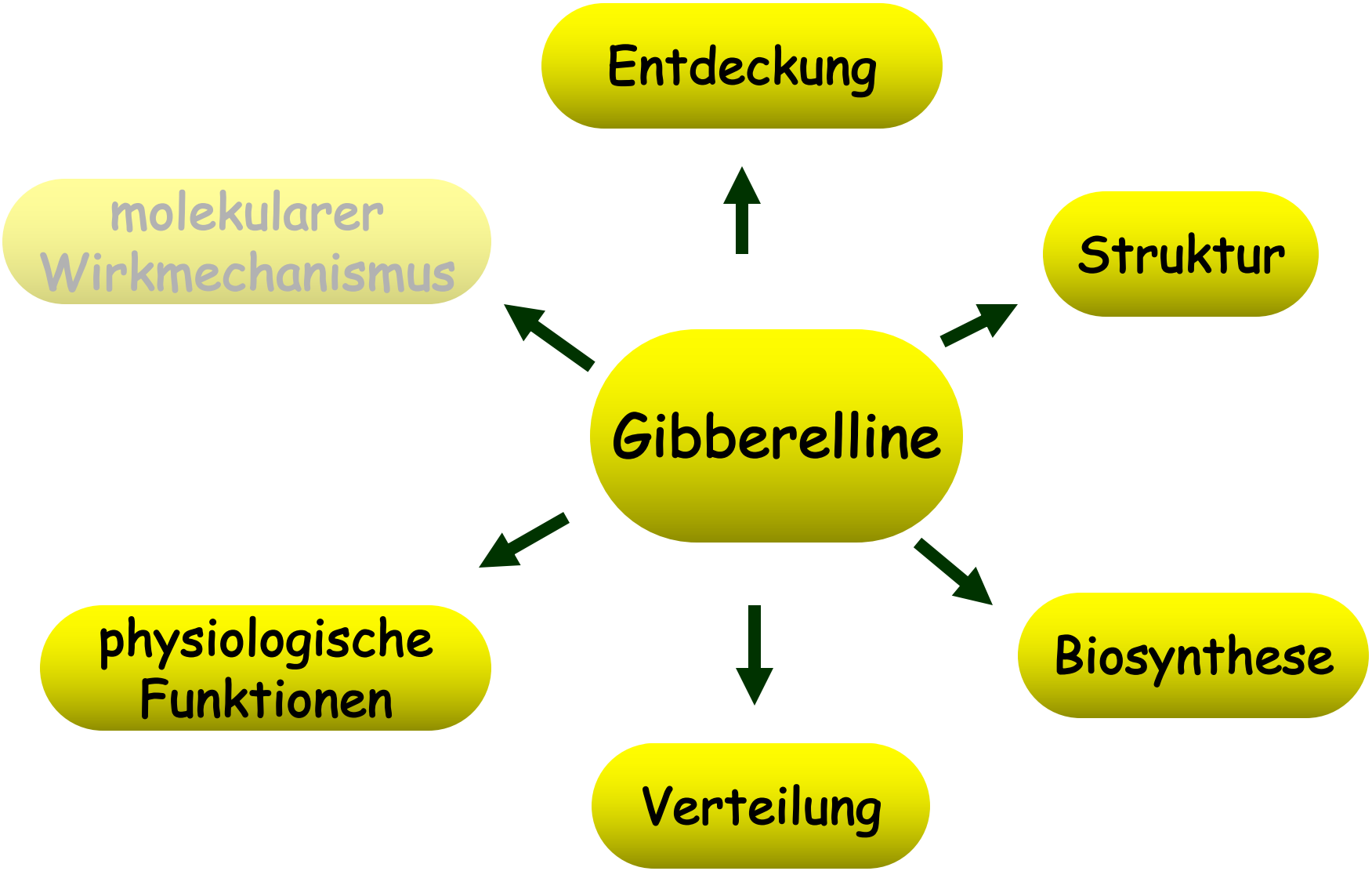
GA-defiziente Mutanten weisen Zwergwuchs auf





Negative feedback regulation: GA represses GA20ox and GA3ox genes

Positive feedback regulation: GA induces GA2ox gene


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Gibberelline
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

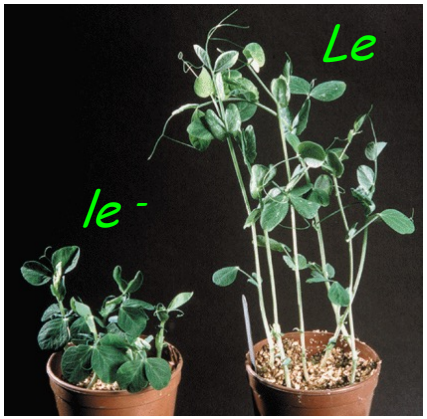
Effekte von Gibberellinen

GAs regulieren das Sproßwachstum

Gregor Mendel (1866)
Höhenwachstum der Erbse

Selektion hoher und zwergwüchsiger Pflanzen

- unterschiedliche GA-Gehalte *(verbesserte Nachweismethoden)*
  - Identifizierung des verantwortlichen Gens: *Le*



- zwergwüchsige Pflanzen reagieren nicht auf GA_{20} *(Vorstufe)* aber auf GA_1 *(aktiv)*
- *Le*-Gen katalysiert $GA_{20} \Rightarrow GA_1$ -Umbau

Effekte von Gibberellinen

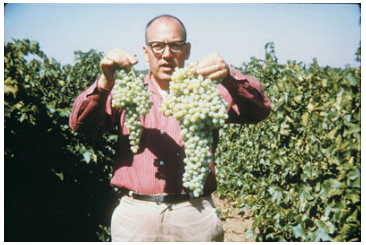
GA steigert Sproßwachstum

GA beeinflußt Blühinduktion

GA fördert die Samenkeimung

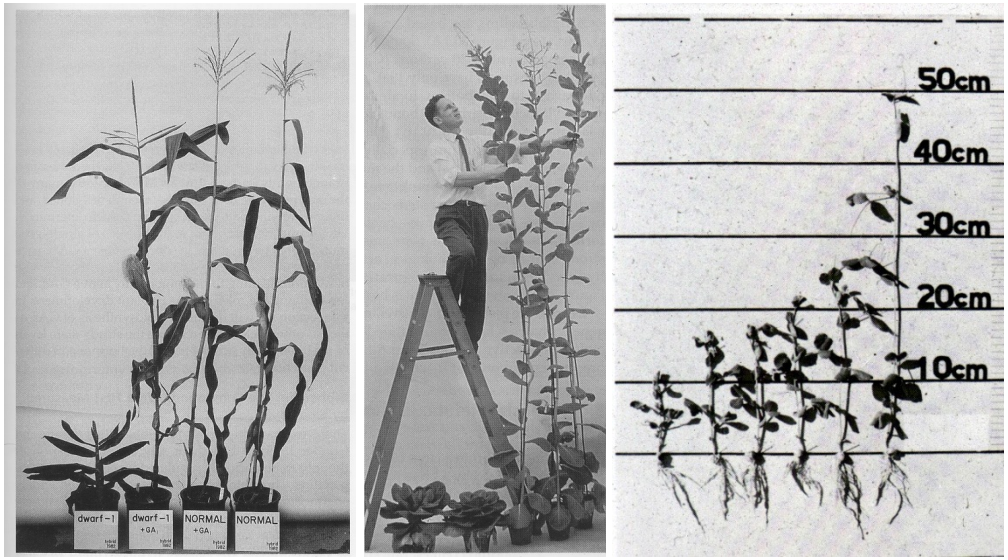
GA fördert den Fruchtansatz *(Beginn der Fruchtbildung nach Bestäubung)*

GA regelt Übergang vom Juvenil- zum Reifestadium *(Blüte nur im Reifestadium)*



dwarf1 wt

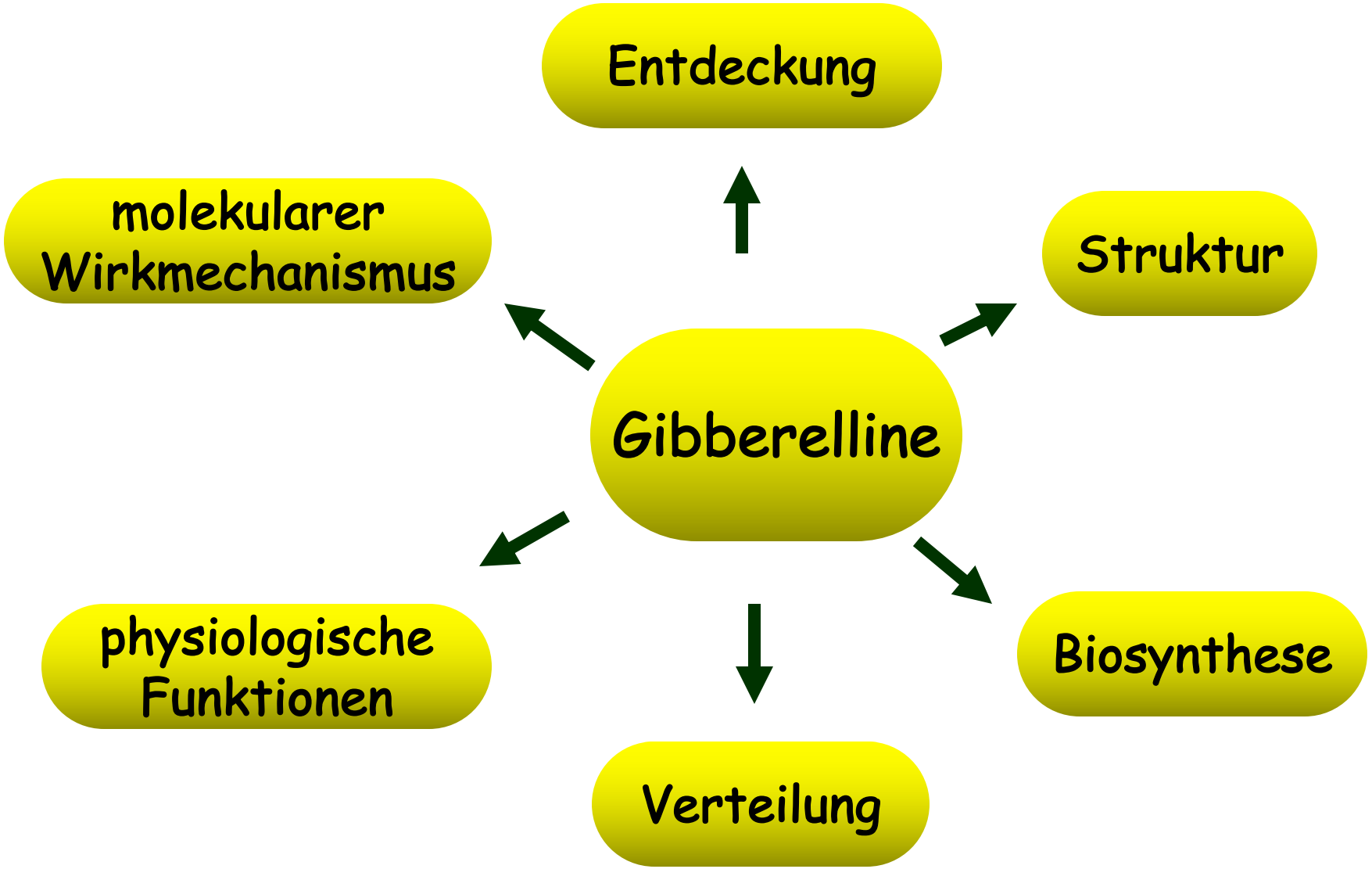
GA - + + - - - +. +



Zwerg-Mais Kohl Zwerg-Erbse

GA-Effekt auf Blühinduktion

- GA + GA + Kälte
- Kälte


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Gibberelline
physiologische Funktionen
Biosynthese
Verteilung

Der molekulare Wirkmechanismus

Mechanismus der GA-Wirkung bei der

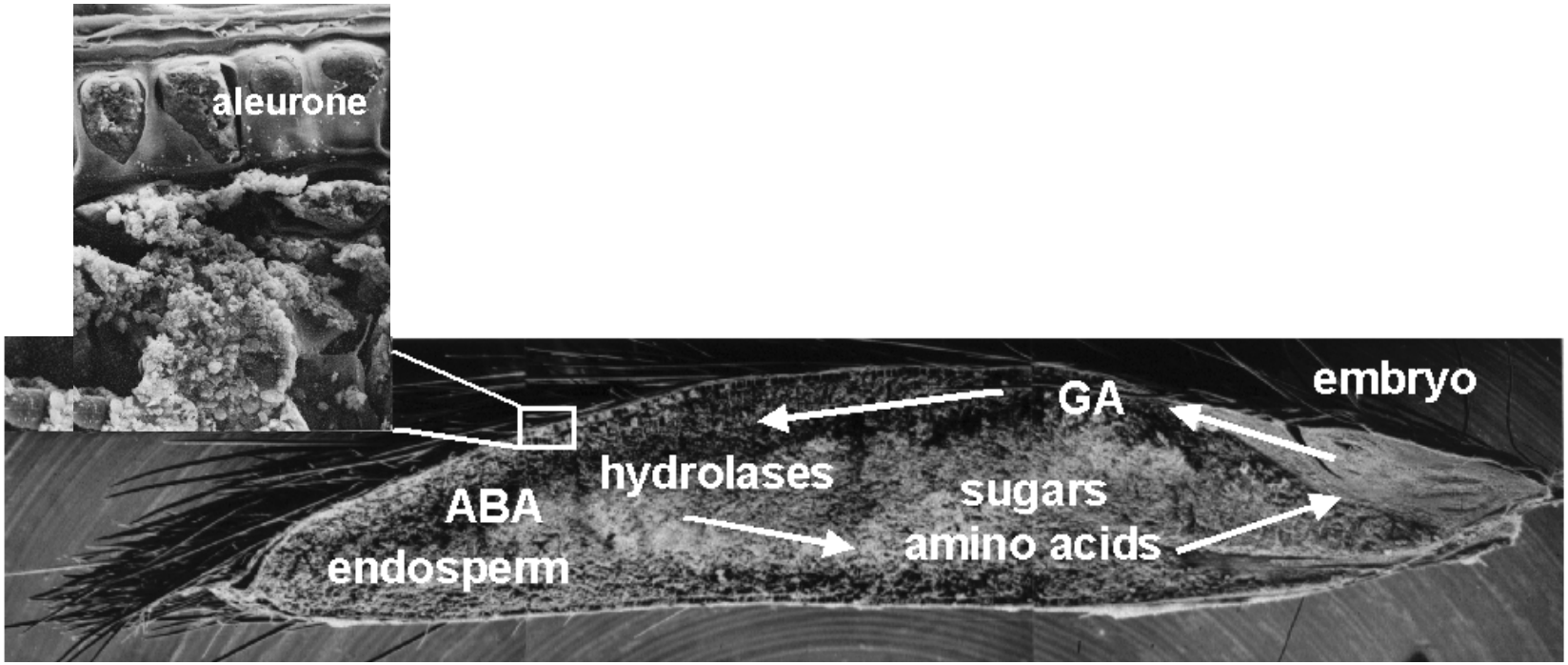
1. Förderung der Samenkeimung

2. Förderung des Sproßwachstums

Der molekulare Wirkmechanismus

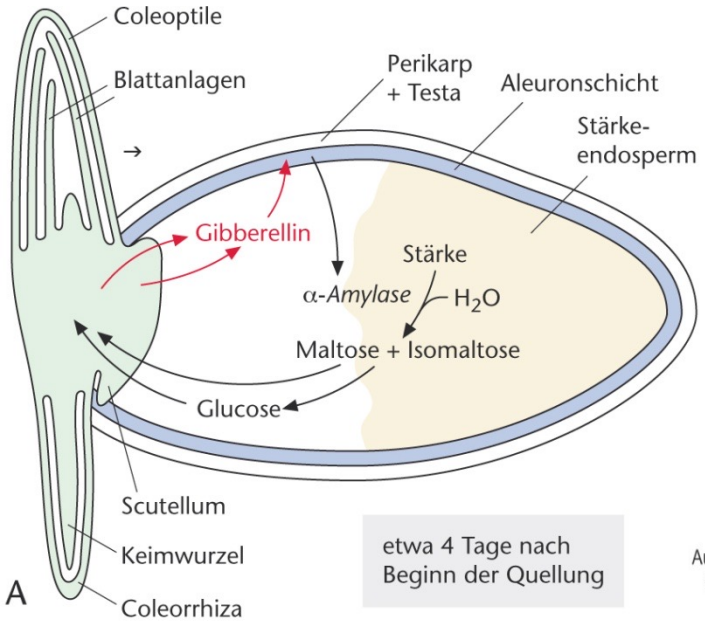
Samenkeimung: Mobilisierung von Reservestoffen aus dem Endosperm

- Sekretion der α-und β-Amylasen nur in Anwesenheit des Embryos (Haberlandt, 1890)
- GA kann Embryo ersetzen (1960)
- Nachweis von GA_1-Synthese im Embryo, Abgabe ins Endosperm (Lenton et al., 1994)



Der molekulare Wirkmechanismus

Mobilisierung von Reservestoffen aus dem Endosperm



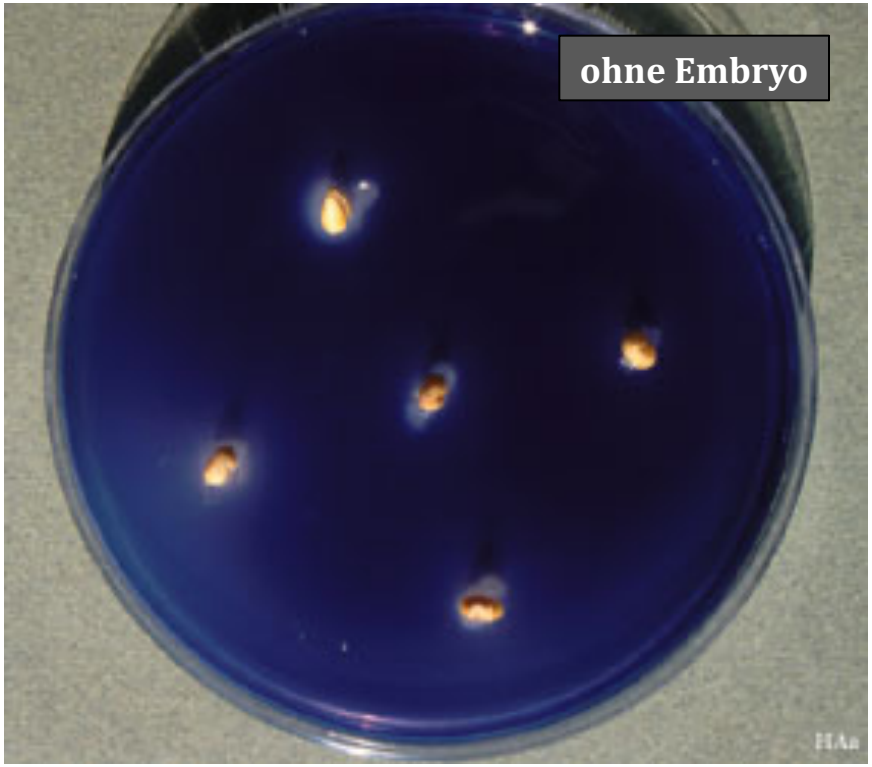
Vorgänge während der Keimung im Gerstenkorn

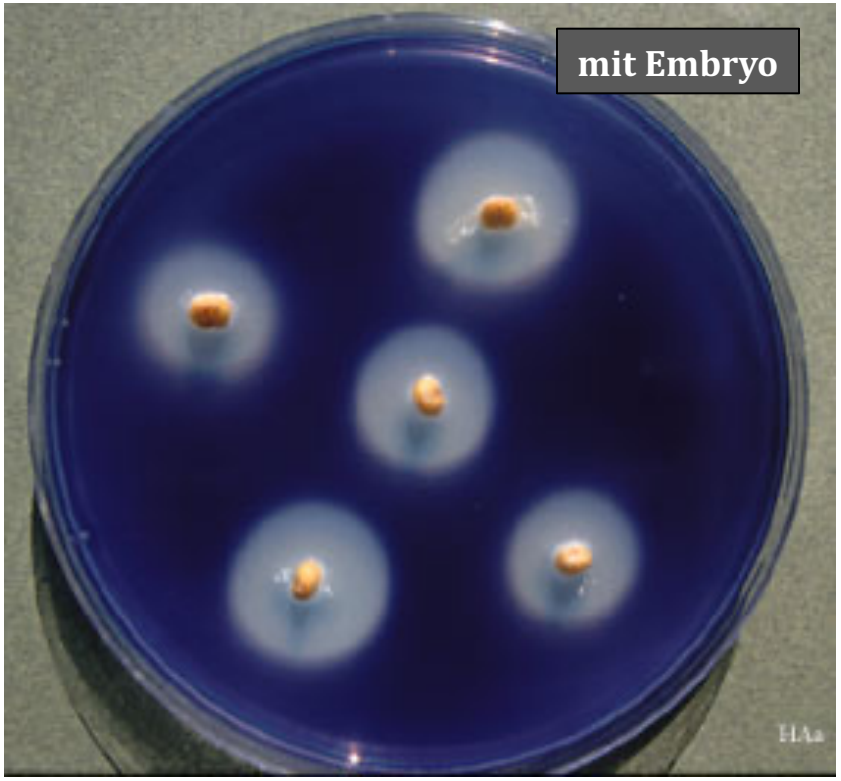
Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

1. Coleoptile und Scutellum synthetisieren GA und entlassen es in das Endosperm.
2. Gibberelin diffundiert in die Aleuronschicht und aktiviert dort Genexpression.
3. Amylasen und andere Hydrolasen werden gebildet und sezerniert
4. Amylasen und andere Hydrolasen bauen Stärke ab.
5. Lösliche Abbauprodukte werden in den wachsenden Keimling transportiert.

Der molekulare Wirkmechanismus

Stärkeabbau durch GA-induzierte Amylase



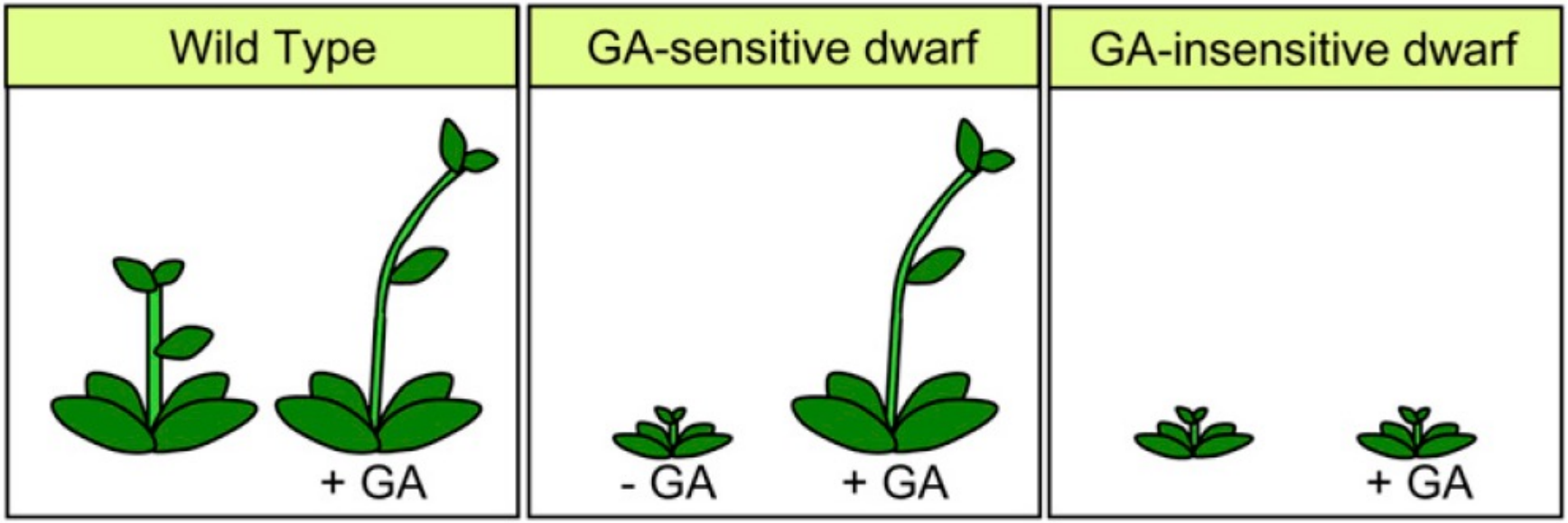


Stärkeabbau durch GA-induzierte Amylase

sezerniert von Embryo-haltiger Hälfte in Weizenkörnern

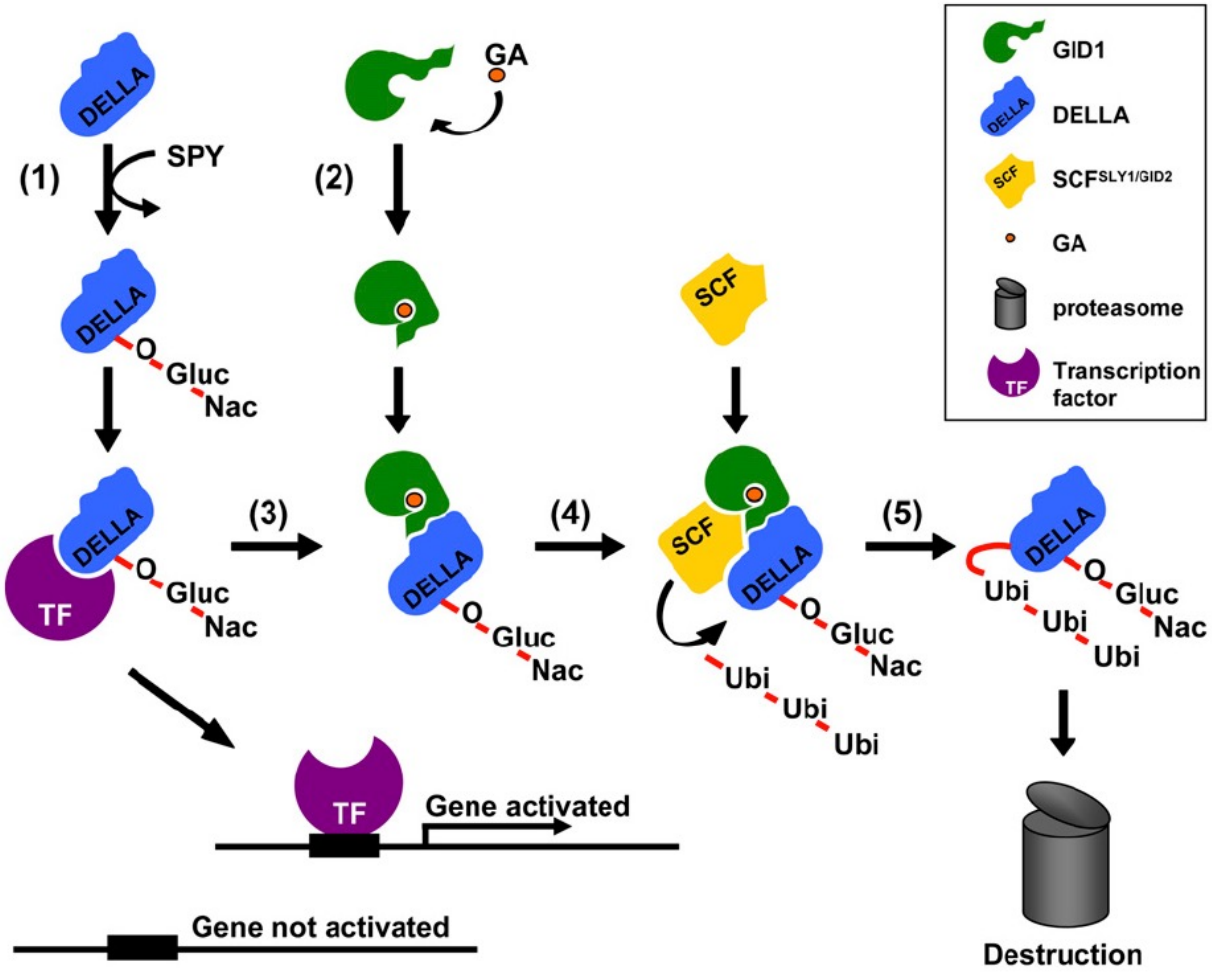
Der molekulare Wirkmechanismus

Typen von GA-Mutanten in *Arabidopsis thaliana*



Der molekulare Wirkmechanismus

GA-Signaltransduktion



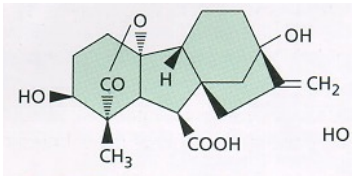
Zusammenfassung:

"verrückter Reis"

Gibberelline

Entdeckung

GA_1



tetracyclische Diterpensäuren

Struktur

Biosynthese

3 Stufen
in versch. Kompartimenten

Verteilung

im Phloem
Zwischenstufen?

physiologische Funktionen

Internodienstreckung
Samenkeimung
Blühinduktion
Geschlechtsbestimmung
Fruchtansatz

molekularer Wirkmechanismus

GA-GID1-DELLA
Mechanismus